

Planering och tillverkning av vakuumkoppling

Elias Ropponen

Examensarbete

Plastteknik

2016

| | |
|--|--|
| EXAMENSARBETE | |
| Arcada | |
| | |
| Utbildningsprogram: | Plastteknik |
| | |
| Identifikationsnummer: | 14061 |
| Författare: | Elias Ropponen |
| Arbetets namn: | Planering och tillverkning av vakuumkoppling |
| Handledare (Arcada): | Erland Nyroth |
| | |
| Uppdragsgivare: | Rene Herrmann |
| | |
| <p>Sammandrag:</p> <p>Målet med detta arbete var att planera och tillverka en vakuumkoppling för en vakuumlamineringsprocess. Detta innebar att designarbetet för vakuumkopplingen gjordes och att ett formsprutningsverktyg designades och att dessa därefter tillverkades. Formen tillverkades huvudsakligen i skolans utrymmen men några komponenter till formen var man tvungen att outsourca. Det gjordes provkörning av formen så att de lämpligaste parametrarna för formsprutande kunde fastställas. Till sist gjordes också testlamineringar med vakuumkopplingen, dessa lyckades väl. Därutöver gjordes en kostnadsanalys för produkten, samt en jämförelse med andra tänkbara produktionsmetoder.</p> | |
| Nyckelord: | Formsprutning, vakuumlaminering, planering, vakuumkoppling |
| Sidantal: | 60 |
| Språk: | Svenska |
| Datum för godkännande: | |

| | |
|--|--|
| DEGREE THESIS | |
| Arcada | |
| | |
| Degree Programme: | Plastteknik |
| | |
| Identification number: | 14061 |
| Author: | Elias Ropponen |
| Title: | Planering och tillverkning av vakuumkoppling |
| Supervisor (Arcada): | Erland Nyroth |
| | |
| Commissioned by: | Rene Herrmann |
| | |
| <p>Abstract:</p> <p>The goal of this thesis is to design and manufacture a vacuum fitting for the use in vacuum laminating. This means that the vacuum fitting has to be designed as well as an injection molding mold for the fitting. Then this mold has to be manufactured most of which were made in the schools facilities but some parts of the mold had to be outsourced. Test runs with the mold in an injection molding machine were made to find the correct parameters for the injection molding process. Finally test laminates were made using the vacuum fitting that were successful. A cost analysis for the product was made as was a comparison of other possible manufacturing methods.</p> | |
| Keywords: | Injection molding, vacuum laminating, design, vacuum fitting |
| Number of pages: | 60 |
| Language: | Swedish |
| Date of acceptance: | |

| | |
|--|--|
| OPINNÄYTE | |
| Arcada | |
| | |
| Koulutusohjelma: | Plastteknik |
| | |
| Tunnistenumero: | 14061 |
| Tekijä: | Elias Ropponen |
| Työn nimi: | Planering och tillverkning av vakuumkoppling |
| Työn ohjaaja (Arcada): | Erland Nyroth |
| | |
| Toimeksiantaja: | Rene Herrmann |
| | |
| <p>Tiivistelmä:</p> <p>Tavoite tässä työssä on suunnitella ja valmistaa tyhjiö liitântä tyhjiölaminointiin. Tämä tarkoittaa että pitää suunnitella tyhjiö liitântä ja siihen toimiva ruiskuvalu muotti joka sitten pitää valmistaa. Ruiskuvalu muotti valmistettiin suurimaksi osaksi koulun tiloissa mutta muutama osa muotista jouduttiin ulkoistaa. Koeruiskutukset tehtiin muotin kanssa ruiskuvalukoneessa jotta oikeat ruiskutusparametrit löytyisivät. Lopuksi tehtiin koelaminoinnit tyhjiö liitântää käyttäen jotka päättyi onnistuneesti. Tuotteesta tehtiin myös kustannusarvio sekä tuotantomenetelmää verrattiin toisiin toteuttamiskelpoisiin prosessimenetelmiin.</p> | |
| Avainsanat: | Ruiskuvalu, tyhjiölaminointi, suunnittelu, tyhjiö liitântä |
| Sivumäärä: | 60 |
| Kieli: | Ruotsi |
| Hyväksymispäivämäärä: | |

INNEHÅLL

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Inledning..... | 8 |
| 2 | Metoder att producera plastprodukter | 8 |
| 2.1 | Formsprutning | 8 |
| 2.2 | Extrudering | 9 |
| 2.3 | Formblåsning..... | 10 |
| 2.4 | Rotationsgjutning..... | 11 |
| 2.5 | Vakuumformning | 12 |
| 2.6 | 3D Printning..... | 12 |
| 3 | Maskiner använda vid produktion av plastprodukter..... | 13 |
| 3.1 | Formsprutningsmaskinen | 13 |
| 3.2 | Extruderings maskin | 17 |
| 3.3 | Formblåsningssmaskin | 18 |
| 3.4 | Rotationsgjutningsmaskin | 19 |
| 3.5 | Vakuumformningsmaskin | 20 |
| 4 | Plast material | 20 |
| 5 | Planerings process..... | 21 |
| 6 | Praktiskt utförande | 22 |
| 6.1 | CNC, Computer Numerical Control | 23 |
| 6.2 | Vakuumkoppling | 24 |
| 6.3 | Formverktyget..... | 27 |
| 6.4 | CAM, Computer Aided Manufacturing..... | 33 |
| 6.5 | Flödesanalys | 35 |
| 7 | Tillverkning av formverktyget | 37 |
| 8 | Provkörning | 38 |
| 8.1 | Laminerings test | 40 |
| 9 | Kostnadsanalys | 41 |
| 10 | Resultat..... | 42 |
| 11 | Komentarer | 44 |
| | Källor | 45 |
| | Bilagor | 48 |

Figurer

| | |
|---|----|
| Figur 1 Lego building block brick, Exempel på formsprutad produkt. | 9 |
| Figur 2. Braggross, Extruderat rör. | 10 |
| Figur 3. myplasticmold, Exempel på formblåsta produkter. | 11 |
| Figur 4. Poijut, Exempel på rotationsgjuten produkt. | 11 |
| Figur 5. thermoforming-product-samples, Exempel på vakuumformade produkter. | 12 |
| Figur 6. SUPER3DM_Designed-Products, Exempel på 3D printade produkter. | 13 |
| Figur 7. Formsprutnings maskin. Tony Rogers 2015. | 14 |
| Figur 8. Diagram på en insprutningsform. Mold- Closed 2007. | 15 |
| Figur 9 Exploderat diagram på en insprutningsform. Mold- Exploded view 2007. | 15 |
| Figur 10. Formsprutnings skeden. intechopen. | 16 |
| Figur 11. The Main Components of dry type fish feed extruder. Extruder delarna från vänster till höger: Motor, växellåda, matare, cylinder, skruv, matris, kylning. | 17 |
| Figur 12. Blow molding. Formblåsning. | 18 |
| Figur 13. rotoworldmag. Rotationsgjutning. a) fyllande av formen med plast pulver b)värmande och roterande av formen c)kylande och roterande av formen d) formuttagning. | 19 |
| Figur 14. Thermoforming Principle. Vakuumformning. | 20 |
| Figur 15. Vakuumlaminerings. Resin infusion molding-diagram 2007. | 22 |
| Figur 16. Formsprutnings skeden. intechopen. | 25 |
| Figur 17. Den slutliga delen. | 26 |
| Figur 18. Enligt formel $r=l*\tan(5,5^\circ)+6$ kan man räkna ut storleken på radien r i förhållande till höjden l i tratten. | 26 |
| Figur 19 Formrums platta. | 28 |
| Figur 20. Formrums inlägg. En av delarna som outsourcades. | 29 |
| Figur 21. Fastsättningsplattan på insprutningssidan. | 30 |
| Figur 22. Mellanplattan på insprutningssidan. | 30 |
| Figur 23. Kärnan. En av delarna som outsourcades. | 31 |
| Figur 24. Formplattan. | 32 |

| | |
|---|----|
| Figur 25. Utstötarringen. En av delarna som outsourcades. | 32 |
| Figur 26. Simulering på luftrum i insprutningsprocessen. | 35 |
| Figur 27. Simulerade fyllnadstiden. | 36 |
| Figur 28. Simulerad volymetrisk krympning. | 36 |
| Figur 29. Vänster del har skägg, höger del är utan. | 39 |
| Figur 30. Övre laminat är vanlig vakuumlaminering, nedre är vakuum infusions laminering. | 41 |
| Figur 31. Vänster Diatex spiral plug, mitten Diatex infusion plug höger den tillverkade delen. | 43 |
| Figur 32. Deformering i mitten av laminatet där tratten har använts som vakuumpunkt. | 43 |

1 INLEDNING

Inom kompositindustrin behövs trattar som fungerar som vakuum- och infusionspunkter och underlättar lamineringsprocessen. Det finns en del produkter på marknaden som är planerade för dessa uppgifter men de har sina brister. Lektor Rene Herrmann har gett förslag på hur en sådan del skulle kunna förbättras. Tratten skall vara lätt att använda under lamineringsprocessen, vara billig att tillverka, kunna användas som både infusionspunkt och vakuumpunkt och passa olika slangdiameter. En sådan produkt skulle planeras och tillverkas. En lämplig processmetod för tillverkningen av denna tratt är formsprutning som är en kostnadseffektiv metod att massproducera delar av termoplast. Men för denna process behövs ett formverktyg som också skall planeras och tillverkas. Tillverkningen av detta formverktyg skedde i produktionslaboratoriet i Arcada.

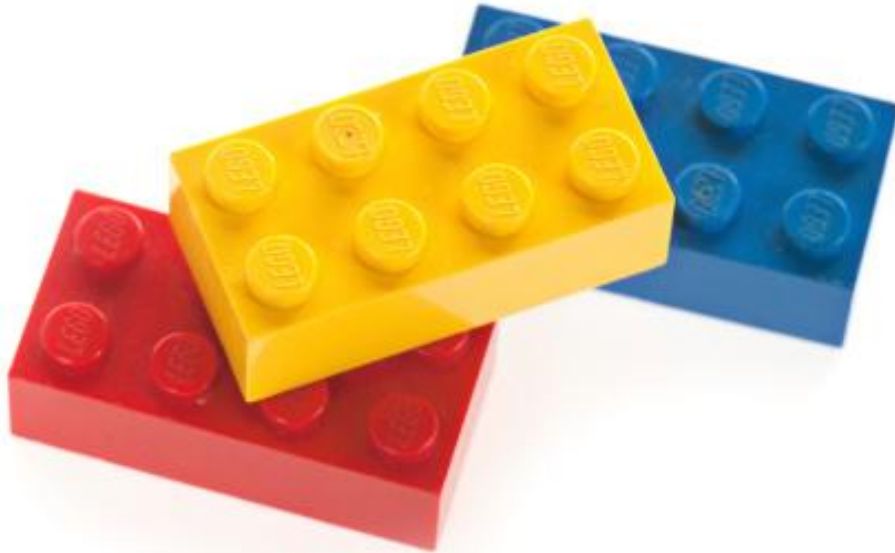
2 METODER ATT PRODUCERA PLASTPRODUKTER

Det finns ett stort antal olika metoder att processera plast. Dessa processmetoder kan delas in i primärmetoder och sekundärmetoder. Primärmetoder utgår från plastgranulat eller motsvarande och sekundärmetoder utgår från en processerad plastdel, som ett rör eller en skiva.

2.1 Formsprutning

Formsprutning är den produktionsprocess som vanligen används för tillverkning av plastdelar i olika form, storlek, material och man kan massproducera delar med låga tillverkningskostnader (Injection Molding). Processen fungerar enligt principen att plastgranulat smälts i en uppvärmd skruv tills det finns tillräckligt med material för att utföra formsprutningen. När det finns tillräckligt med material så används hydrauliskt tryck för att pressa in plasten i formverktyget. Sedan måste materialet kylas ner så att plasten inte mera är flytande och när plasten är sval nog kan man öppna formverktyget och stöta ut plast produkten. Sedan stängs formen igen och processen kan börja igen. Detta är en mycket automatiserad process och cykeltiden kan vara väldigt kort (Injection Molding).

I figur 1 kan vi se ett exempel på en känd formsprutad produkt. Denna process är lämplig för att tillverka tratten.



Figur 1 Lego building block brick, Exempel på formsprutad produkt.

2.2 Extrudering

Extrudering används för att tillverka föremål med en profil som lister rör o.s.v. För extrudering kan användas olika material som plast, metall och även trä. Extrudering av plast fungerar så att plast granulat matas in i en uppvärmd skruv där plasten smälter och sedan trycks det genom en form där den får den profil som produkten skall ha, sedan kyls plasten ner med hjälp av luft eller vatten (Strängsprutning). I figur 2 kan vi se ett extruderat plaströr. Denna metod lempar sig inte att tillverka tratten på.



Figur 2. Bragross, Extruderat rör.

2.3 Formblåsning

Formblåsning används för att producera ihåliga produkter som flaskor burkar o.s.v. I denna process extruderas plast till ett rör och detta rör sätts mellan två formplattor före det har stelnat färdigt. Ett rör sticks in i plaströret och med hjälp av lufttryck så expanderas plaströret till formen av formen. Plasten kyls sedan ner och formen kan öppnas och sedan skärs eventuella grader bort från produkten som sedan är färdig. Formblåsning är en sekundär produktionsmetod, i vilken man först producerar plast röret som sedan formas till önskad produkt genom blåsning. (Formblåsning). I figur 3 kan vi se exempel på formblåsta produkter. Man skulle kunna tillverka tratten med denna metod men det skulle kräva mycket sekundär bearbetning.



Figur 3. myplasticmold, Exempel på formblåsta produkter.

2.4 Rotationsgjutning

Rotationsgjutning används för ihåliga produkter men på grund av dess långsamma tillverkningshastighet så används den huvudsakligen för att tillverka stora delar som stora tankar, avloppsbrunnar, kajaker o.s.v. Rotationsgjutning fungerar så att man har en form som är fäst på en arm där formen kan rotera i två axlar. Plast sätts i pulverform in i formen som värms upp över plastens smälttemperatur och under tiden så roterar formen så att plasten jämt fördelas efter formväggen. Efter en tid börjar man kyla ner formen tills plasten stelnar och sedan kan man öppna formen och ta ut delen (Rotationsgjutning). I figur 4 kan vi se exempel på rotationsgjutna produkter. Man skulle kunna tillverka tratten med denna processmetod men det skulle inte vara praktiskt.



Figur 4. Poijut, Exempel på rotationsgjuten produkt.

2.5 Vakuumformning

Vakuumformning används för att tillverka burkar, lådor, apparathuvar o.s.v. I denna process används antingen en plast skiva eller plast folie som utgångsmaterial som värms till en formbar temperatur i en varmformningsmaskin. Materialet sugas sedan ner på en form med hjälp av ett vakuum, plasten stelnar och så måste kanterna skäras av (Varmformning). I figur 5 kan vi se exempel på vakuumformade produkter. Vakuumdragning skulle kunna användas för att tillverka tratten men det skulle kräva sekundär bearbetning och det skulle vara svårt att få en jämn vägg tjocklek.



Figur 5. thermoforming-product-samples, Exempel på vakuumformade produkter.

2.6 3D Printning

3D printning är en relativt ny teknik som ofta används för prototyp tillverkning men kan också användas för komponent tillverkning men på grund av högre kostnader än andra processmetoder används det främst för specialprodukter med korta serier. Olika material kan användas för 3D printning som metall, plast, celler, mat o.s.v. Det finns olika processmetoder för 3D printning men i grund så går det till att man lägger lager på lager av material i den form som önskas. Lagertjockleken kan variera mycket från flera cm tjockt

till några nanometer (What is 3Dprinting?). I figur 6 ser man exempel på 3D printade produkter. Man skulle kunna tillverka tratten med hjälp av 3D printning men det skulle vara långsamt och dyrt.



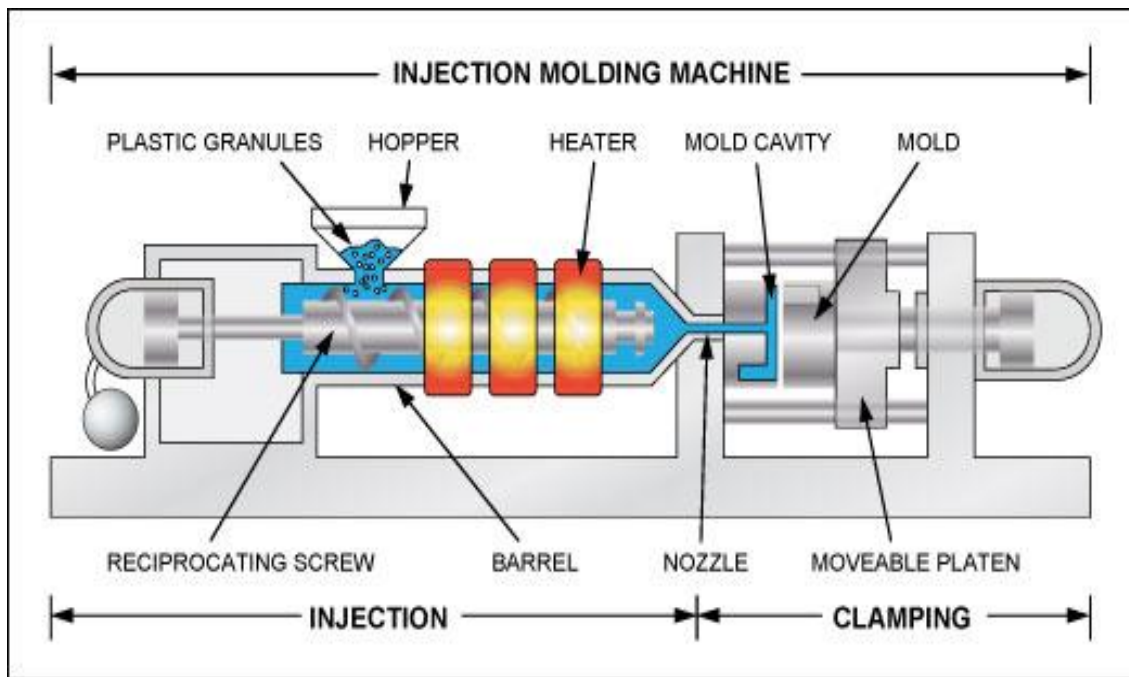
Figur 6. SUPER3DM_Designed-Products, Exempel på 3D printade produkter.

3 MASKINER ANVÄNDA VID PRODUKTION AV PLASTPRODUKTER

För de olika processmetoderna behövs olika maskiner. I detta kapitel görs en genomgång av dessa maskiner.

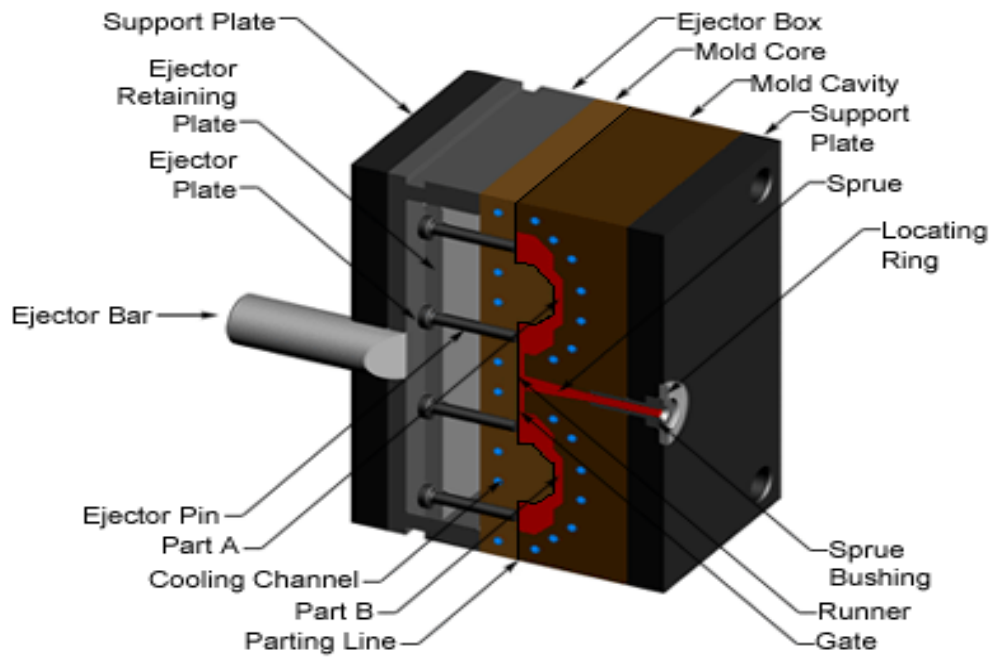
3.1 Formsprutningsmaskinen

I Figur 7 kan vi se de olika delarna av en formsprutningsmaskin. Den består av en tratt i vilken man matar plast granulatet. Därifrån matas plasten till en cylinder med en skruv som för plasten framåt där det finns värmeelement som smälter ner plasten. Härifrån skjuts plasten in i formverktygets formrum.



Figur 7. Formsprutnings maskin. Tony Rogers 2015.

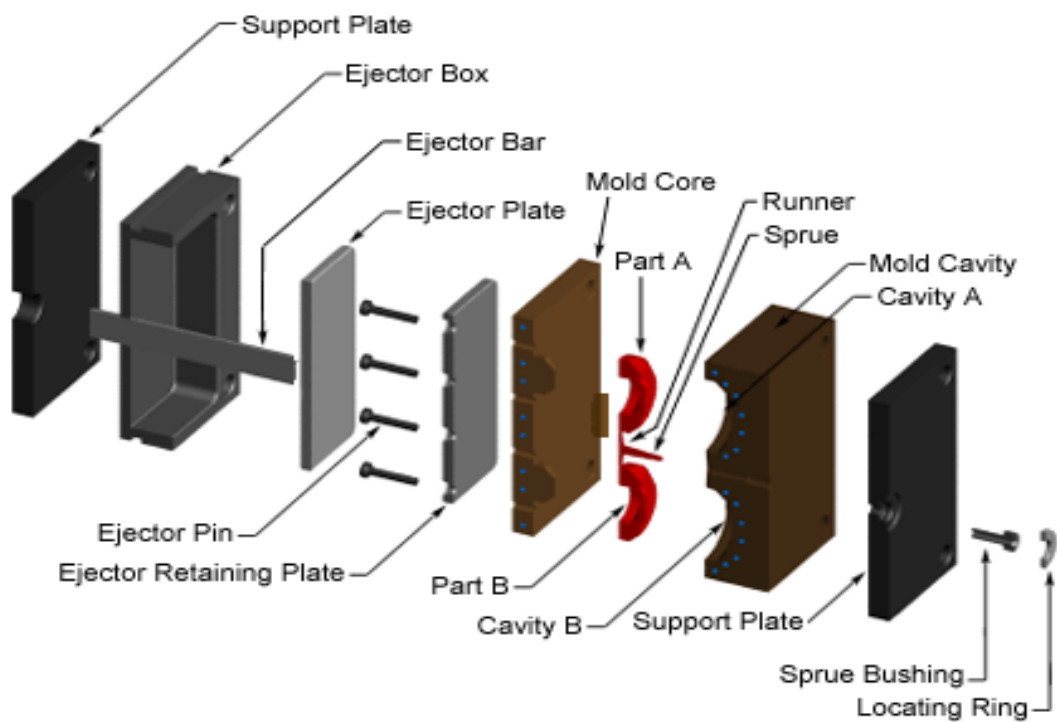
Formverktyget till formsprutningsmaskinen är en viktig del av formsprutningsprocessen. Formverktyget är oftast gjort av antingen stål eller aluminium. Formen kan delas in i två delar, en som är fast och en som är rörlig. Dessa två delar är delade på det så kallade delningsplanet som varierar beroende på delen som produceras. En form kan ha ett eller flera formrum vilket gör det möjligt att producera flera delar samtidigt. Desto flera formrum ett formverktyg har desto dyrare blir själva formen och desto kraftigare insprutningsmaskin behövs. För att få plastmaterialet till dessa formrum leds det från formsprutans munstycke till formens ingöts bussning och därifrån längs med inloppskanaler till själva formrummen (Injection Molding). Uppbyggnaden av ett formverktyg kan ses i Figur 8 och 9.



Copyright © 2007 CustomPartNet

Figur 8. Diagram på en insprutningsform. Mold- Closed 2007.

I figur 8 kan man se delningsplanet (Parting Line) mellan formplattan och formrumsplattan.

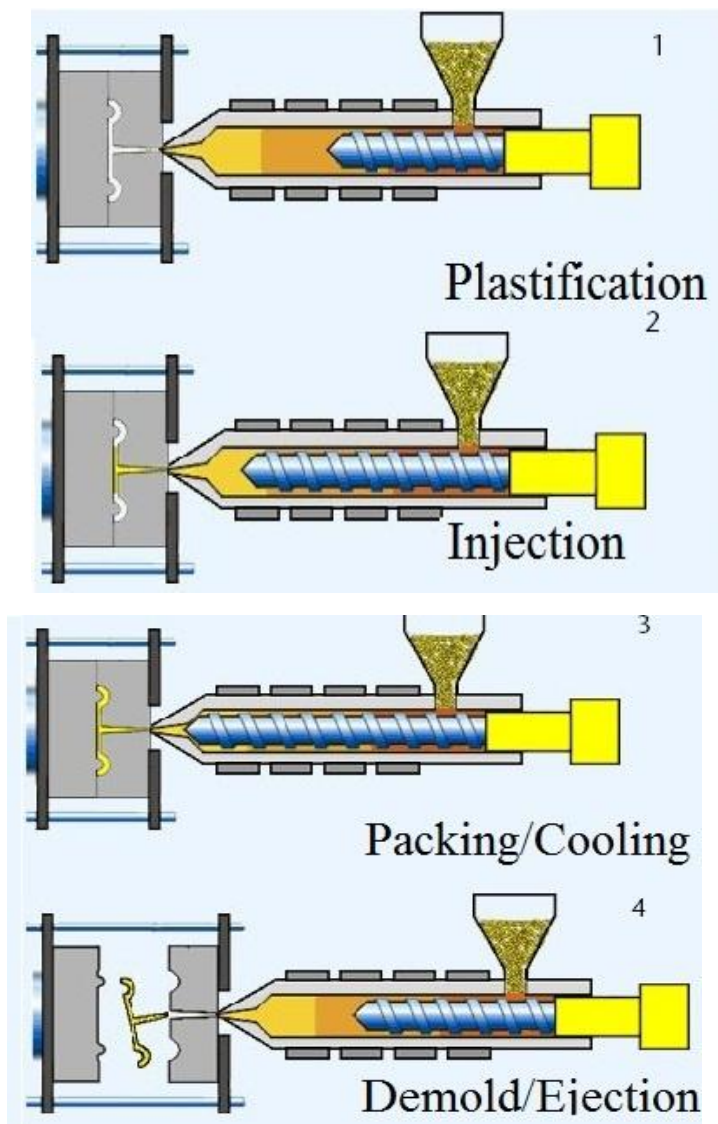


Copyright © 2007 CustomPartNet

Figur 9 Exploderat diagram på en insprutningsform. Mold- Exploded view 2007.

(Delarna från vänster till höger. Stödplatta, utstötarlåda, utstötarstång, utstötarplatta, utstötarpinnar, utstötarfästningsplatta, formkärnan, del A, del B, flödeskanal, ingöte, formrumsplatta, stödplatta, ingöts bussning, lokaliseringsring)

Formen har kylkanaler som hjälper vid nerkyllningen av plastmaterial och försnabbar cykeltiden. Och på den rörliga sidan av formen finns det en utstötarmekanism som stöter ut plastdelen när formen är öppen så att man inte manuellt behöver ta loss delen från formen (Injection Molding). Figur 10 beskriver processtegen i formsprutning.



Formen är stängd och granulatet smälts.

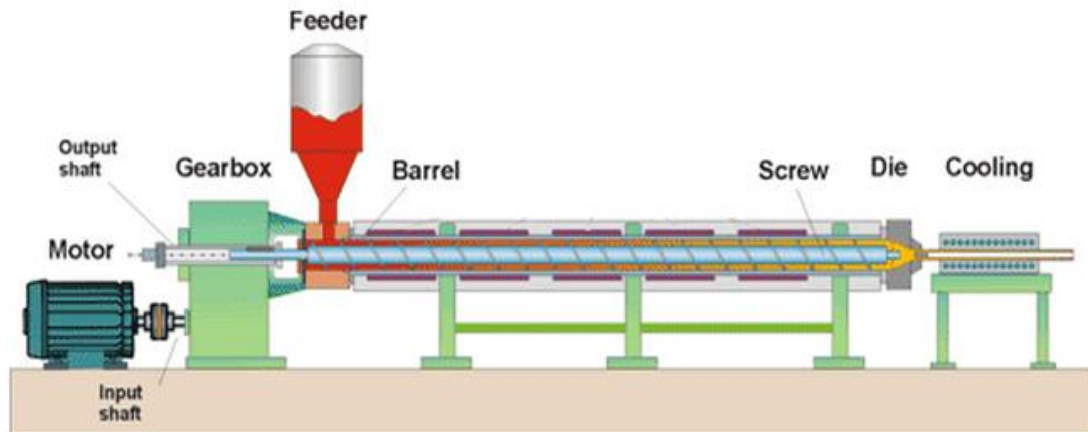
Den smulna plasten insprutas i formen med högt tryck.

Kylning av delen.

Formen öppnas och delen matas ut.

Figur 10. Formsprutnings skeden. intechopen.

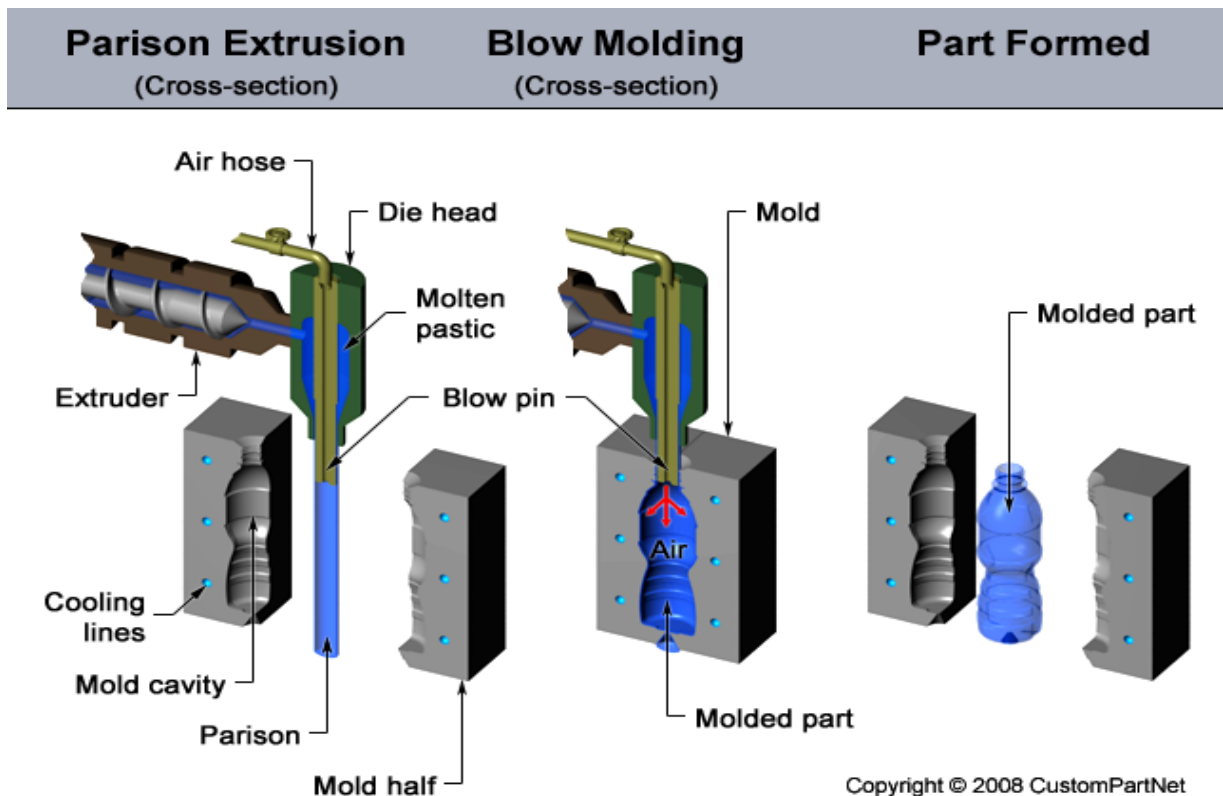
3.2 Extruderings maskin



Figur 11. The Main Components of dry type fish feed extruder. Extruder delarna från vänster till höger: Motor, växellåda, matare, cylinder, skruv, matris, kylning.

Extruderingsmaskinen fungerar så att plastgranulat matas från mataren till cylindern där det finns en skruv som roteras av en motor. Denna skruv för plastmaterialet vidare i cylindern där det finns värmeelement som värmer plasten till sin smältpunkt. Denna smultna plastmassa trycks igenom en matris där den får sin form och sedan kyles den ner och kapas till önskad längd. Extruderingsmaskinen kan ses i figur 11.

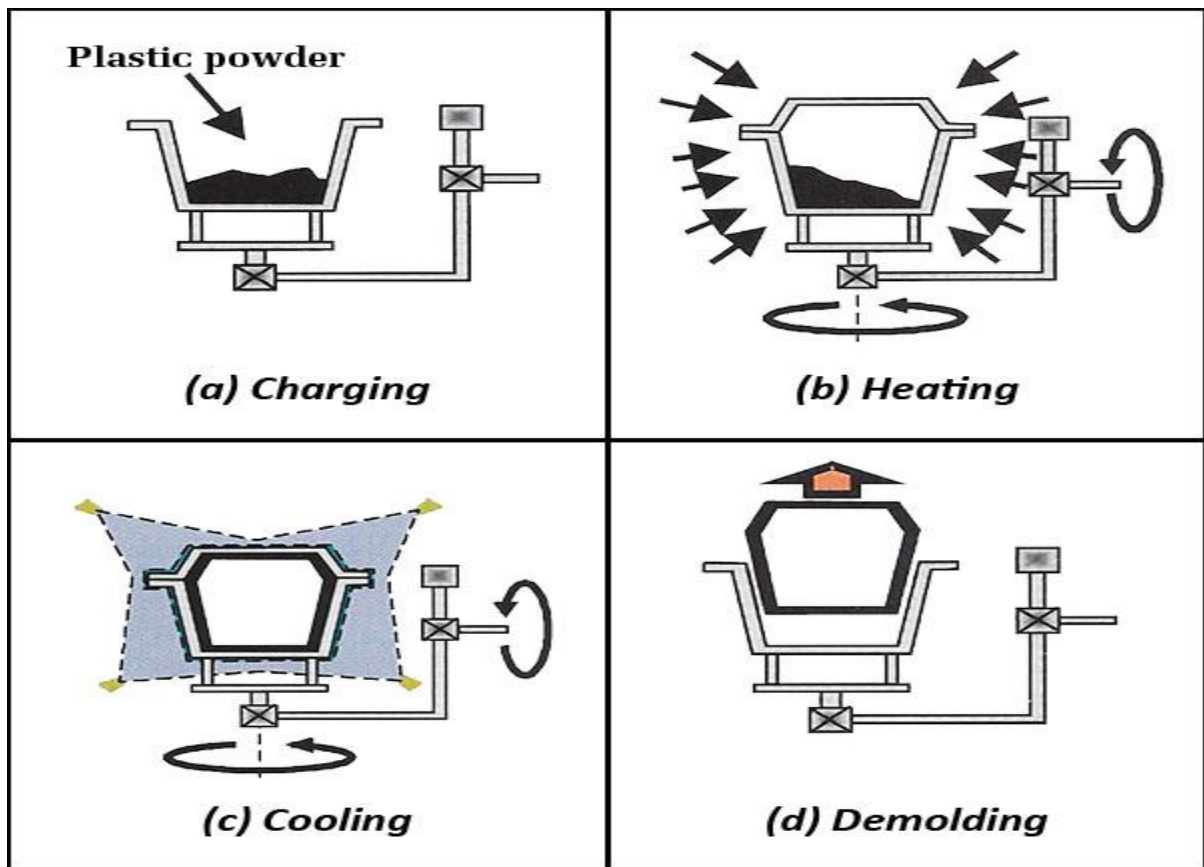
3.3 Formblåsningsmaskin



Figur 12. Blow molding. Formblåsning.

Formblåsningsmaskinen som beskrivs i figur 12 fungerar så att med hjälp av en extruder görs ett rör som är kopplat till ett luftrör. Denna slang är stängd mellan två formhalvor och sedan blåser man luft in i slangen så att den expanderar och får formen av formrummet. Dessa formhalvor har kylkanaler som för snabbare kylningen av delen och när delen är sval nog kan man öppna formen och mata ut delen.

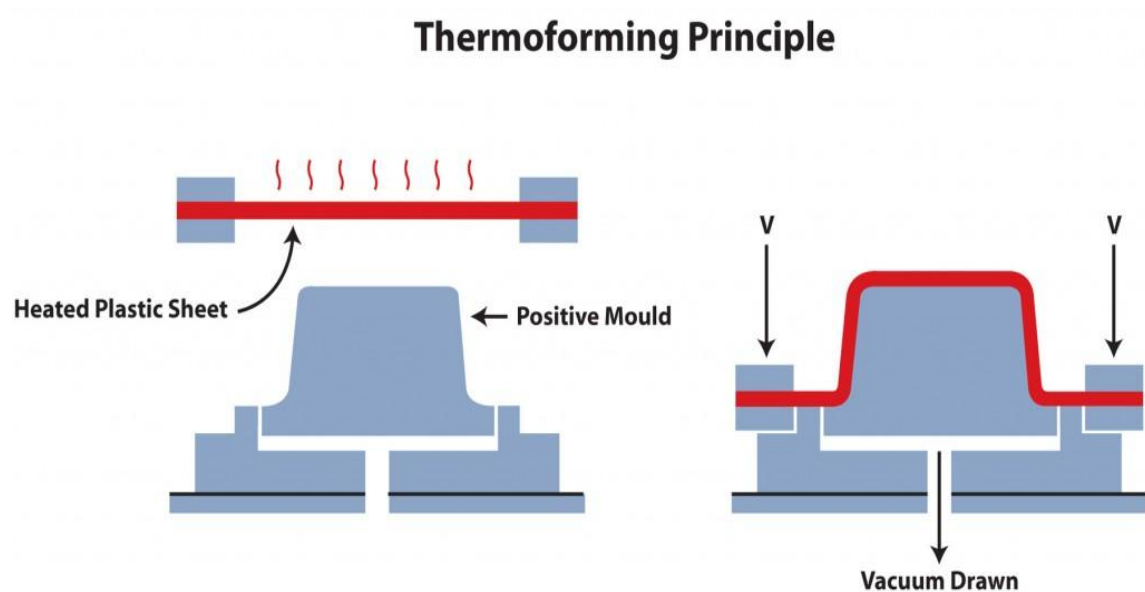
3.4 Rotationsgjutningsmaskin



Figur 13. rotoworldmag. Rotationsgjutning. a) fyllande av formen med plast pulver b)värmande och roterande av formen c)kylande och roterande av formen d) formuttagning.

Rotationsgjutningsmaskinen, som är schematiskt beskriven i figur 13, fungerar så att formen är på arm så att den kan fritt rotera i två axlar. Plastpulver sätts in i formen och formen stängs. Man börjar rotera formen i två axlar medan man värmer upp formen så att pulveriserade plastmaterialet smälts. Formen roteras så att plasten jämt skall sprida sig längs med formväggarna. Sedan kyls formen ner så att plasten stelnar och när plasten har stelnat tillräckligt kan man öppna formen och ta ut delen.

3.5 Vakuumformningsmaskin



Figur 14. Thermoforming Principle. Vakuumformning.

I vakuumformning beskriven i figur 14 så används en maskin som värmer upp en plast skiva/film till en formbar temperatur. Plasten dras mot en form och luften sugas bort underifrån formen så att plasten får formen ordentligt. Beroende på hur automatiserad denna process är och hur många delar som skall tillverkas så kan formens kostnad variera mycket. Detta är också en sekundär produktionsmetod då man utgår från en färdigt utformad skiva.

4 PLAST MATERIAL

Plaster kan delas in i två grupper, härdplaster och termoplaster. Dessa två grupper är väldigt olika. Härdplaster är plaster som efter härdning inte kan omformas eller återanvändas. Men härdplaster tål högre temperaturer än termoplaster och har ofta bättre mekaniska egenskaper. Härdplaster används mycket inom komposittillverkning. Termoplaster kan smältas och omformas flera gånger. Dessa plaster kan också lätt återvinnas. Termoplaster används ofta för masstillverkande av olika plastdelar (Thermoset Vs. Thermoplastics).

Några av de vanligaste plasterna:

PP, polypropen: Bra tålighet mot kemikalier och hög tolerans för mekanisk påfrestning. Polypropen används för fiber, rep, skivor och filmer (Muovisanasto).

PE, polyeten: Polyeten är den mest använda plasten i världen. Vanligen används lågdensitet (LDPE) eller högdensitet (HDPE). HDPE är tålig, flexibel och har god kemisk tolerans. HDPE är dessutom luktfri och smaklös och används mycket som livsmedelsförpackningar (Muovisanasto).

PS, polystyren: Polystyren är i sin grundform genomskinlig, hård och skör. Bland annat tillverkas CD fodral, skumplast med bra termoiserande egenskaper (Muovisanasto).

PET, polyetentereftalat: Använd för att tillverka fiber och flaskor (Muovisanasto).

PA, polyamid: Polyamid klassificeras som en teknisk plast och har bra mekaniska egenskaper. Av polyamid tillverkas mycket fiberprodukter som textilier och rep. Man tillverkar också mekaniska komponenter som kugghjul av polyamid (Muovisanasto).

PVC, polyvinylklorid: PVC är en billig plast som är vattentät. Så man tillverkar bl.a. rör av PVC. PVC används mycket inom byggindustri (Muovisanasto).

PC, polykarbonat: Polykarbonat har en bra stöttålighet. Av polykarbonat tillverkas bland annat CD-skivor, skyddsglasögon och hjälmar (Muovisanasto).

Ofta används en så kallad ”moldflow analysis” för att simulera hur olika material fungerar i ett formverktyg.

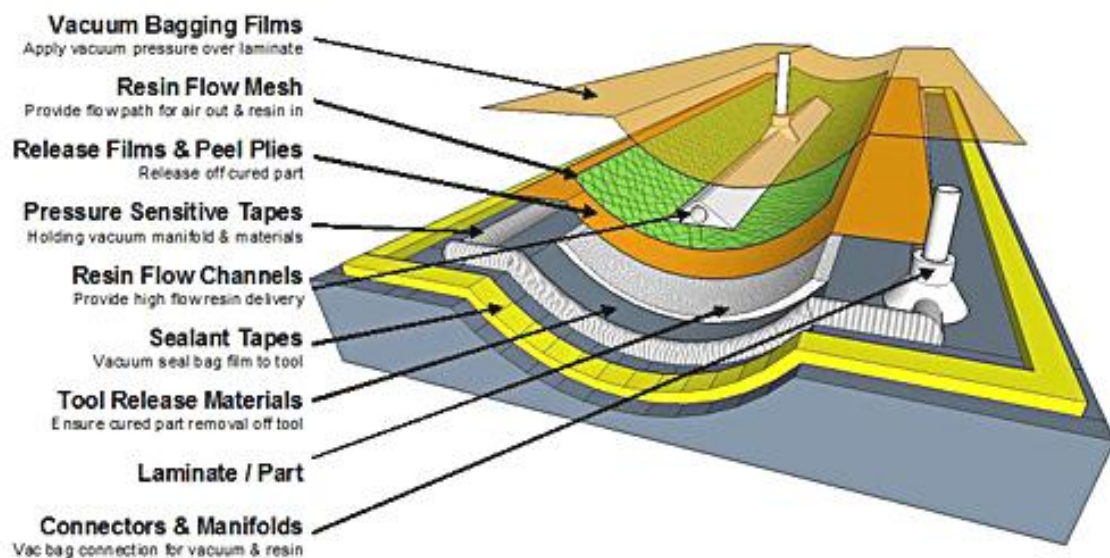
5 PLANERINGS PROCESS

När man planerar en produkt finns det flera saker man måste tänka på. Man måste tänka på hurdana krav det finns på produkten, vilken funktion den skall fylla. Man måste tänka på vilken form och vilka dimensioner delen skall ha för att fungera som tänkt. Man skall också tänka vad för material delen skall vara för att fungera bra. Materialet måste kunna hålla den stress som delen kommer att vara under. Priset på materialet har en stor inverkan på slutkostnaden på delen så för en produkt som skall tillverkas billigt kan man inte använda det dyraste materialet man kan få tag på. En lämplig tillverkningsprocess måste hittas för produkten.

För planerings processen används ofta CAD program (Computer Aided Design) i vilket man kan göra en tre dimensionell modell på produkten. På detta sätt kan man lätt göra ändringar till dimensioner på delen före man ens gör en prototyp. Man kan också pröva om delen passar med eventuella andra delar. Man kan också använda simuleringsprogram på den modell som har ritats för att testa olika påfrestningar och hur delen eventuellt skulle klara dessa.

6 PRAKTISKT UTFÖRANDE

Målet med detta arbete är att producera en koppling som kan användas som både vakuumpunkt och hartsinfusionspunkt vid en vakuumlamineringsprocess. Produkten skall planeras så att den skapar ett jämt hartsflöde, och kan anpassas till olika slangdiameter, är konstruerad så att den består av en liten mängd material, underlättar lamineringsprocessen och skall dessutom kunna tillverkas med hjälp av en formspruta.



Figur 15. Vakuumlaminering. Resin infusion molding-diagram 2007.

I figur 15 ser vi ett diagram på infusionsvakuumlamineringsprocessen, med dess delar, vakuumfilm, flödesmatta, släppfilm, flödesspiral, hartskanal, vakuumtejp, formsläppsmedel, laminatet och hartsinfusionspunkten. Processen fungerar så att man lägger

laminatet och de övriga delarna i formen så att en lufttät förpackning bildas varefter man med hjälp av en vakuumpump skapar ett vakuum och därefter kan man införa harts från infusionspunkten. Vakuumlaminering fungerar enligt samma princip men i stället för att ha en infusionspunkt för hartset så sätts den direkt på laminatet, varefter vakuum bildas genom att suga ut den inneslutna luften.

Detta arbete innebar att en produkt skulle planeras, varefter en form för dess tillverkning skulle planeras och tillverkas. Formen skulle planeras så att den kunde användas i den tillgängliga formsprutningsmaskinen, formen skulle testas och provköras före den egentliga användningen. Tillverkningen av formen gjordes i Arcadas plast laboratorium. I laboratoriet finns en CNC-maskin som användes för att producera formen och två formsprutningsmaskiner som man sedan kunde provköra formen med. Genom att göra en formsprutningsform kunde man sedan förmånligt massproducera denna produkt som är en engångsprodukt.

Det finns liknande produkter på marknaden men dessa har sina brister. Det finns sådana som är tillverkade av metall men dessa är dyra och kan bara användas som vakuumpunkter, eller så är det dåligt utförda plastdelar som består av onödigt mycket plastmaterial och har dålig form så att vakuumfilmen som används kan ta skada av delen.

6.1 CNC, Computer Numerical Control

CNC (Computer Numerical Control) är ett sätt att styra olika typer av maskiner som fräsar, svarvar, svetsar o.s.v. med hjälp av ett datorprogram. Detta möjliggör att man med hjälp av en CNC-maskin kan tillverka komplexa former med en noggrann tolerans, detta skulle inte vara möjligt att tillverka för hand (Khemani 2009).

I detta arbete används en CNC fräs och en CNC svarv för att tillverka själva formen. För att kunna använda maskinen måste man göra en kod som maskinen kan använda för att utföra olika kommandon. Denna kod görs med hjälp av ett CAM program där man gör körningar, här måste man också programmera vilken matningshastighet, och vilket varvtal man behöver så att maskinen skall fungera effektivt.

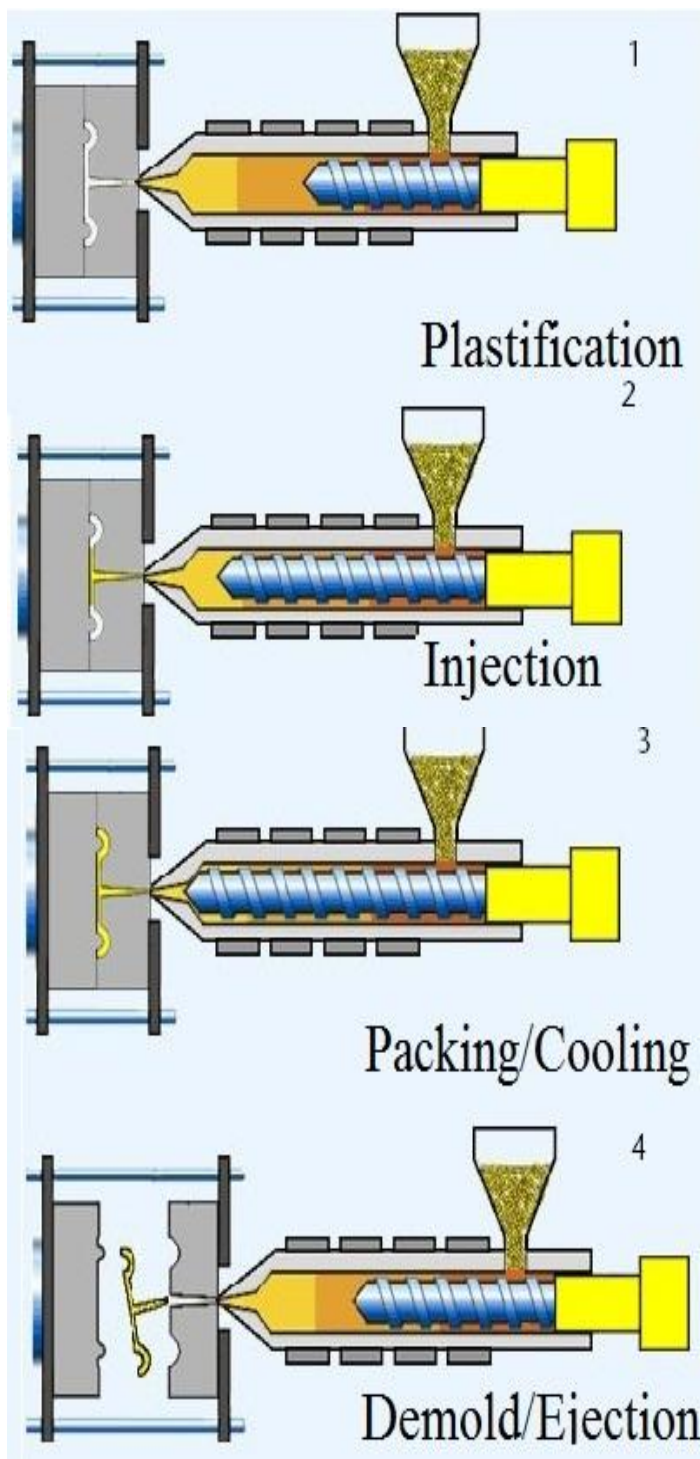
6.2 Vakuumpkoppling

För att tillverka denna produkt har man valt att använda formsprutningsprocessen för att det är en lämplig metod för att tillverka en produkt som denna. Och dessutom är det den enda maskin som är tillgänglig i skolans utrymmen.

Målet är att planera en del och ett formverktyg som används för att producera produkten med och som kan användas i skolans insprutningsmaskiner. Detta betyder att delen kan maximalt ha en höjd på ca 60mm och en insprutningsdiameter på ca 60mm så att skolans insprutningsmaskin skall kunna tillverka delen. Delen skall också vara så enkel som möjligt så att det är lätt att tillverka en form för den. Produkten planerades som en konisk del som skulle ha en radie som tangerar med koniciteten så att det inte bildas vassa kanter på delen, slutligen såg delen ut som en tratt men det var inte bestämt ännu exakt hurdan form eller vilka dimensioner den skulle ha, men man visste att den helst skulle vara sådan att man kunde fästa slangar med olika diametrar på den. Ett antal olika ritningar gjordes så att man skulle kunna bestämma rätt form för detta projekt.

För enkelhetens skull bestämdes det att produkten skulle ha en konisk form med en tangerande radie till botten. Den ursprungliga planen var att botten diametern skulle vara 60 mm men det bestämdes att minska diametern på botten till 45 mm för att spara material och att vägg tjockleken skulle vara 1,5 mm och att toppens diameter skulle vara 12mm. Figur 17 beskriver den slutliga formen och visar att designen är väldigt enkel och man kan använda slang med diameter mellan 12mm och 20mm på denna del. Dessa dimensioner är lämpliga med beaktande av de fysiska begränsningar som gäller för tratten.

Formsprutningsprocessen kan indelas i fyra steg, som är avbildade i figur 16. Varje processsteg ställer vissa villkor och begränsningar som påverkar formplanerandet och materialvalet.



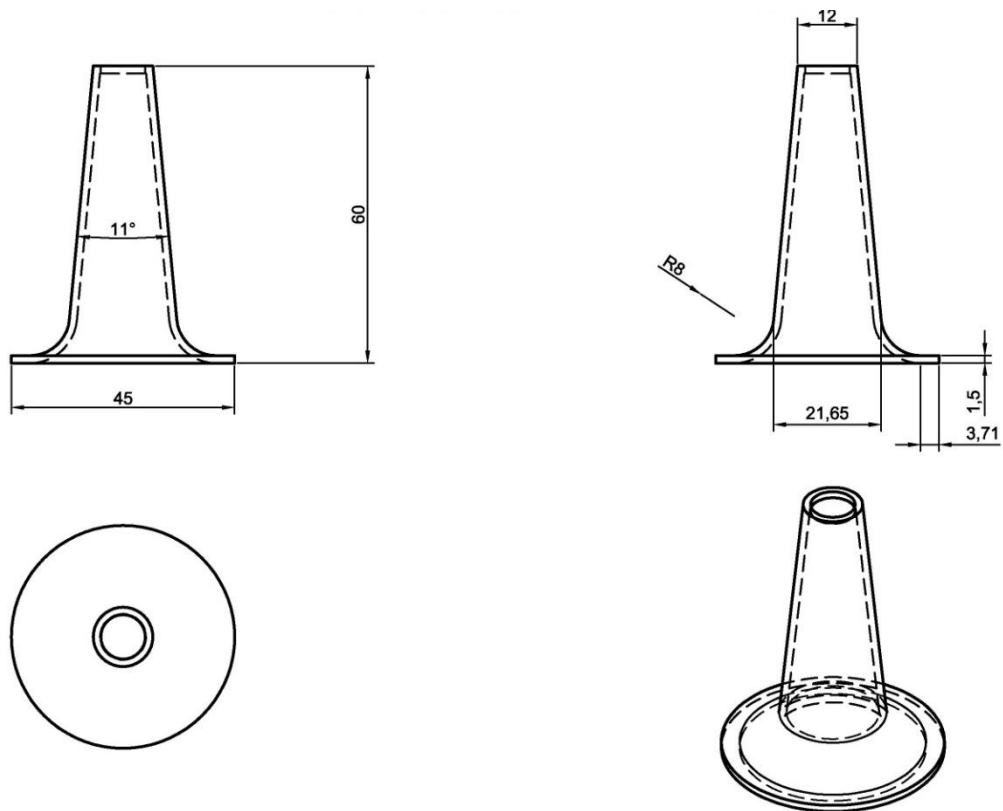
I steg 1 bör plastmaterialets smältemperaturen beaktas. Kravet på temperaturen varierar beroende på positionen, d.v.s. i mataren, olika zoner av cylindern och vid munstycket. Dessa ställs in som körparametrar. De aktuella värdena finns i bilaga 11.

I steg 2 bör volymen av den smälta plastmassan som förs fram av skruven vara i proportion till produktens volym och formverktygets kavitet. Klämkraftsbehovet för formverktyget får inte överstiga maskinens prestationsförmåga. Värdena finns i bilaga 11.

I steg 3 bör eftertrycket vara så stort att plastmassan packas och fördelas jämt i formverktygets kavitet. Detta bestäms empiriskt. Produktens kylning sker huvudsakligen i detta steg och är beroende av såväl material, vägg tjocklek samt produktens geometrier. Värdena finns i bilaga 11.

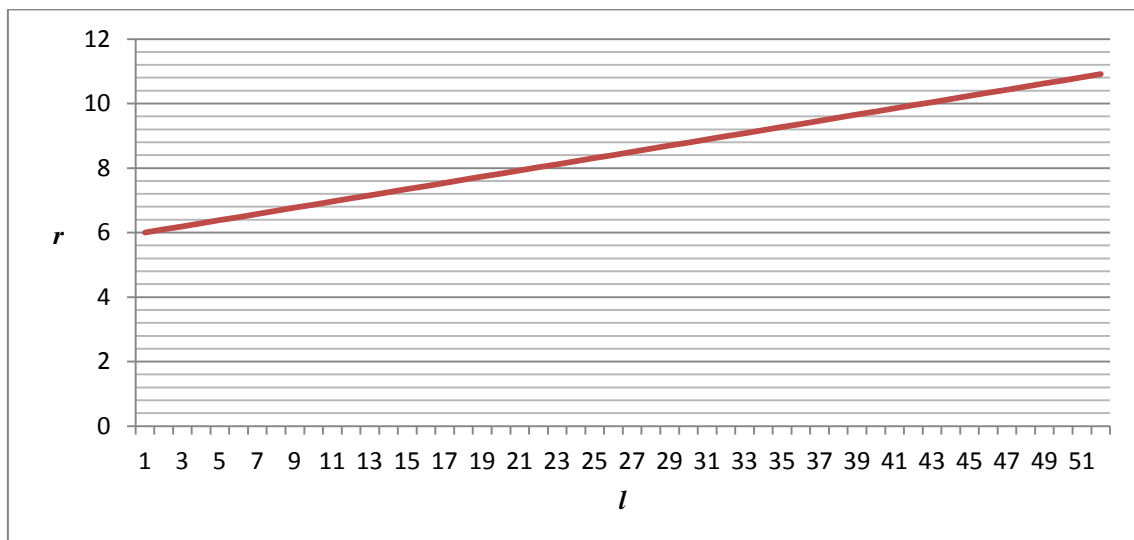
I steg 4 bör man beakta att den maximala höjden på produkten bestäms av avståndet mellan formplattorna då de är öppna. En utstötningsmekanism stöter ut delen från formen.

Figur 16. Formsprutnings skeden. intechopen.



Figur 17. Den slutliga delen.

Eftersom tratten är konisk kommer dess radie r att anta olika värden beroende på hur långt från toppen av tratten och detta illustreras i figur 18.



Figur 18. Enligt formel $r=l*\tan(5,5^\circ)+6$ kan man räkna ut storleken på radien r i förhållande till höjden l i tratten. Värdena på axlarna är uttryckta i mm.

6.3 Formverktyget

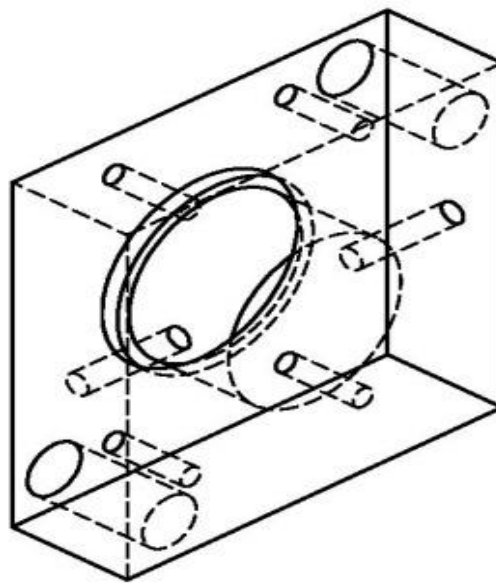
När produkten är färdigplanerad kan man påbörja formplaneringen. Man kan med hjälp av formeln nedan räkna ut klämkraftsbehovet för denna del och därmed härleda hur många formrum formen kan ha för att fungera i skolans formspruta som har en maximal slutningskraft på 50 ton.

$$F = p * A$$

F är klämkraften, p är kavitets trycke och A är formrummets projicerade area.

När man gör denna uträkning för ett formrum så är formrummets projicerade area $(22,5\text{mm})^2 * \pi$ och kavitetsstrycket 1800 bar som fås från formsprutningsmaskinens specifikationer så den totala klämkraften blir ca 29 ton som är över hälften av vad skolans maskin klarar av så man kan göra slutsatsen att det går bara att ha ett formrum. I detta projekt är två styrtappar och bussningar tillräckligt trots att man normalt använder fyra. Det fanns tillgängligt två styrtappar och styrbussningar från ett tidigare arbete och på detta sätt kunde man spara pengar. I detta fall var två styrtappar tillräckligt för att formplattorna är rätt små och produkten är symmetrisk. För att produkten är cylindrisk till sin form kan man istället för utstötartappar som utstötningsmekanism använda en utstöttarring som ger en utstötarkraft jämt fördelad på en större area än vad en utstötartapp skulle ge. Formrummet kommer att vara i mitten av formplattorna så att det inte skall bli några ojämna krafter som kan påverka produkten, formverktyget eller formsprutsmaskinen negativt. Med denna information kommer man till slutsatsen att den optimala formen för plattorna är kvadratisk. Det finns standardiserade plattor vars dimensioner är 196x196mm och dessa erbjuder lämpligt utrymme för ett formrum av denna orsak valde man plattor av denna dimension. Detta ledde till att fastsättningsplattorna fick dimensionen 246x196mm eftersom de bör vara större än formplattorna. Följande steg bestod i att komma fram till hur många plattor och hur tjocka de skulle vara. Eftersom produkten är 60mm hög så måste formrumsplattan vara minst 60mm. Men i detta fall valde man att plattan skulle vara exakt 60mm tjock och på detta sätt undviker man behovet av flödeskanaler. Det bestämdes också att både formrummet och kärnan skulle vara separata inlägg för att spara material och minska kostnaderna om något skulle gå fel. Detta leder till att ett cylindriskt hål måste göras i formrumsplattan, stort nog att man kan göra ett

formrumsinlägg. Styrapparna och styrbussningarna planerades att vara symmetriskt i motsatta hörn, det bestämdes också att fyra skruvar av dimensionen M12 skall användas för att fästa plattorna med varandra och att dessa kommer i linje med styrtapparna så att plattornas parallellitet uppfylls och kan ses i figur 19. Skruvar av dimensionen M12 är optimal eftersom de har lämplig dimension i förhållande till plattorna och förmår hålla ihop dem.



Figur 19 Formrums platta.

För fastsättningsplattorna var plattor med tjockleken 30mm optimal eftersom de erbjöd utrymme för kylkanaler, lokaliseringsringen, skruvar och styrtappar och bussningar kunde fällas in i dem. Tunnare plattor hade inte gett utrymme för dessa och tjockare plattor hade varit slöseri med material. Det behövdes ytterligare på insprutningssidan (samma som formrummet finns på) en mellanplatta, tjock nog att få ingötsbussningen att rymmas. Man ville i detta fall lämna en millimeter mellan ändan av ingötsbussningen och formkärnan så att man får en jämn insprutning. Och med längden av ingötsbussningen som valts till detta projekt så blir mellanplattans slutliga tjocklek 25mm. Sedan med tanke på formplattan så behöver den enbart vara tjock nog att man får plats för styringen som blir 20mm tjock och tillräckligt med styryta för kärnan så att den totala

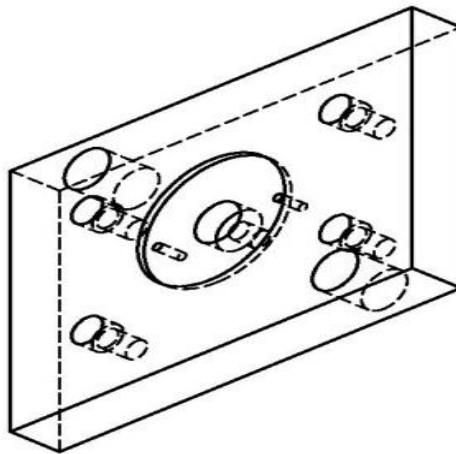
tjockleken på denna platta bestämdes att bli 36mm vilket betyder att hela formpaketets totalhöjd blev 181mm vilket är stort nog så att det kan användas i skolans formsprutningsmaskin och litet nog att det lämpar sig för skolans formsprutningsmaskin.

Formrumsinlägget är en cylindrisk del som är 90mm i diameter med en fläns i toppen som är lite bredare och kommer att hålla delen på plats. I denna del finns själva formrummet som har slutprodukstens dimensioner. Delen måste kylas ner så man gör en urgröpning på formrumsinlägget så att vatten kan cirkulera i delen. Sedan gör det kylkanaler i formrumsplattan så att man får vattnet in på en sida och ut på den andra. För att kylningen inte skall läcka så sätts två mindre kanaler ovanför och under själva kylkanalen i formrumsinlägget för två o-ringar (dessa kanaler kan ses i figur 20).

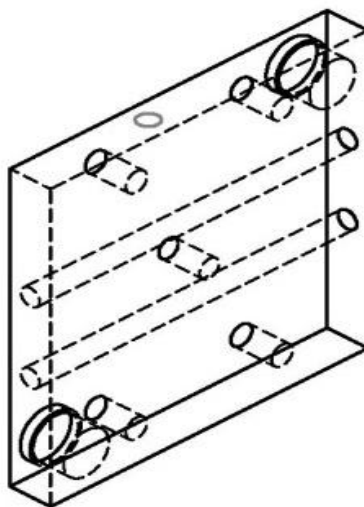


Figur 20. Formrums inlägg. En av delarna som outsourcades.

Vid planeringen av fästsättningsplattan på insprutningssidan var man tvungen att beakta att alla hål fanns på rätt plats och att det fanns hål för lokaliseringsringen och ingötsbussningen (figur 21). Mellanplattan (kan ses i figur 22) planerades på samma sätt som fästsättningsplattan men i den här plattan bestämdes det att sätta in kylkanaler för att kyla ner ingötsbussningen i form av två parallella hål som går igenom hela plattan.



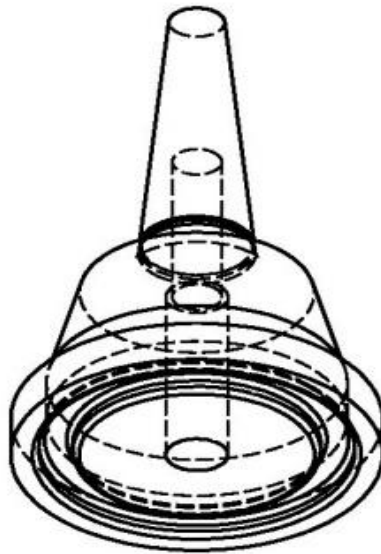
Figur 21. Fastsättningsplattan på insprutningssidan.



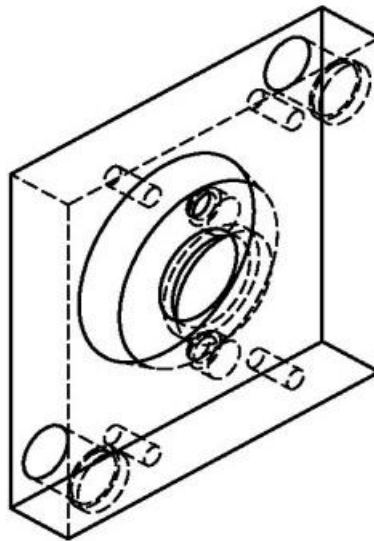
Figur 22. Mellanplattan på insprutningssidan.

Kärnan planeras så att den har samma innerdimension som slutprodukten men där botten på delen tangerar ut tar kärnan slut så att utstötarringen har en jämn yta att stöta på. För att utstötarringen kommer att vara i rak kontakt med kärnan och för att den

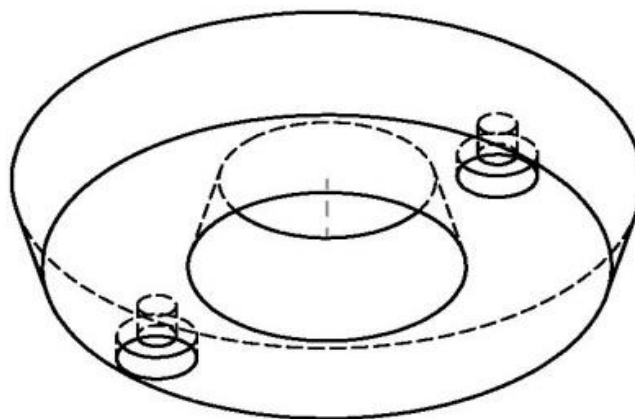
skall kunna röra på sig så måste det finnas en sluttning på både utstötarringen och kärnan. Sedan blir det på kärnan en rak yta och en fläns så att den skall kunna fästs i formplattan. Det sätts en liten urgröpfung på kärnan så att då plasten krymper i insprutningsprocessen blir delen på kärnan och inte i formrummet. Kärnan måste också kylas, det görs så att man har ett hål som inte går ända igenom mitten av kärnan och sedan har man en delare som gör att vatten kan stiga på ena sidan och rinna ner på andra sidan så att man får en effektiv kylning. Därför görs en kylkanal i den andra fastsättningsplattan så att man får vattnet till kärnan. För att det inte skall läcka gör man också en urgröpfung för en o-ring i kärnan (kan ses i figur 23). Utsötarringen utformades till cirkelformig med sluttningar på både insidan och utsidan så att den sedan fritt kan röra sig (kan ses i figur 25). Formplattan måste sedan vara planerad och anpassad enligt dessa två delar. Men man måste också göra hål för stavarna till utstötningsmekanismen och dessa hål måste rymma glidlager så att utstötningsmekanismen eller plattan inte slits onödigt (figur 24).



Figur 23. Kärnan. En av delarna som outsourcades.



Figur 24. Formplattan.



Figur 25. Utstötarringen. En av delarna som outsourcades.

I bilaga 1 kan man se formpaketet i sin helhet. Man kan observera hur kylningen av hela formen fungerar och hur man har planerat platserna för styrbussningarna och fastsättningsskruvarna.

6.4 CAM, Computer Aided Manufacturing

Med hjälp av ett CAM (computer aided manufacturing) program, i detta fall Master CAM, kan man tillverka ett program för en CNC-fräs så att den kan fräsa stycken till den form man vill. Man använder CAM programmets olika kommandon för att göra ett bearbetningsprogram med alla de skeden man vill ha och sedan gör programmet en G-kod som en CNC-maskin förstår och kan utföra i verkligheten.

Av de ritningar som gjordes i planeringsfasen i SolidWorks gjordes så kallade ”parasolid” filer som kan användas i Master CAM. Då en fil importeras till Master CAM måste man se till att den är rätt orienterad och att man sätter in stock och origo på rätt ställe och att rätt maskin är vald (i detta fall fräs), detta är kritiskt och av största vikt för att fräsen sedan faktiskt kan fräsa stycket. När detta var gjort kunde man börja göra operationerna för att få allting fräst på den platta man höll på med. För två av plattorna var man tvungen att göra program för båda sidorna så att allting kunde förverkligas. I Master CAM programmerar man också vilka verktyg man har och med vilka körvärden de skall användas, det vill säga vilka varvtal man har på maskinen och vilken matning man har.

För alla hål i plattorna gjordes kommandona så att man först gjorde ett hål några millimeter djupt med en centrumborr, man använde ett så kallat ”peck drill” kommando i programmet vilket betyder att borren inte går ner hela vägen på en gång utan den går ner ett visst djup (i detta fall användes 1,5mm) och kommer sedan upp för att bryta flis och går sedan följande steg ner o.s.v. tills den kommit till det djup man vill. Man använder detta lilla centrum hål för att styra en större borr så att den borrar där man vill att den skall borra. Om man inte gör detta kan det hända att när borren tar kontakt med en plan yta att den vibrerar ur läge och hålet blir inte där man velat. Sedan användes en 6mm borr för att göra styrhål, detta igen för att hjälpa att hålen skulle komma på rätt ställen. Sedan kunde man använda den slutliga borrarstorleken för att få hålen till rätt dimension och i alla borrarningar användes ”peck drill” kommando. Men de hål där styrbussningar, styrtapparna och ingöts bussningen fanns var det lite mera komplicerat. Man var tvungen att först borra hålen aningen mindre än vad som slutligen behövdes, sedan för styrbussningarna och styrtapparna var man tvungen att kalibrera hålen med en pinnfräs så att hålen var exakt där de var planerade, så att allting skulle passa ihop. Se-

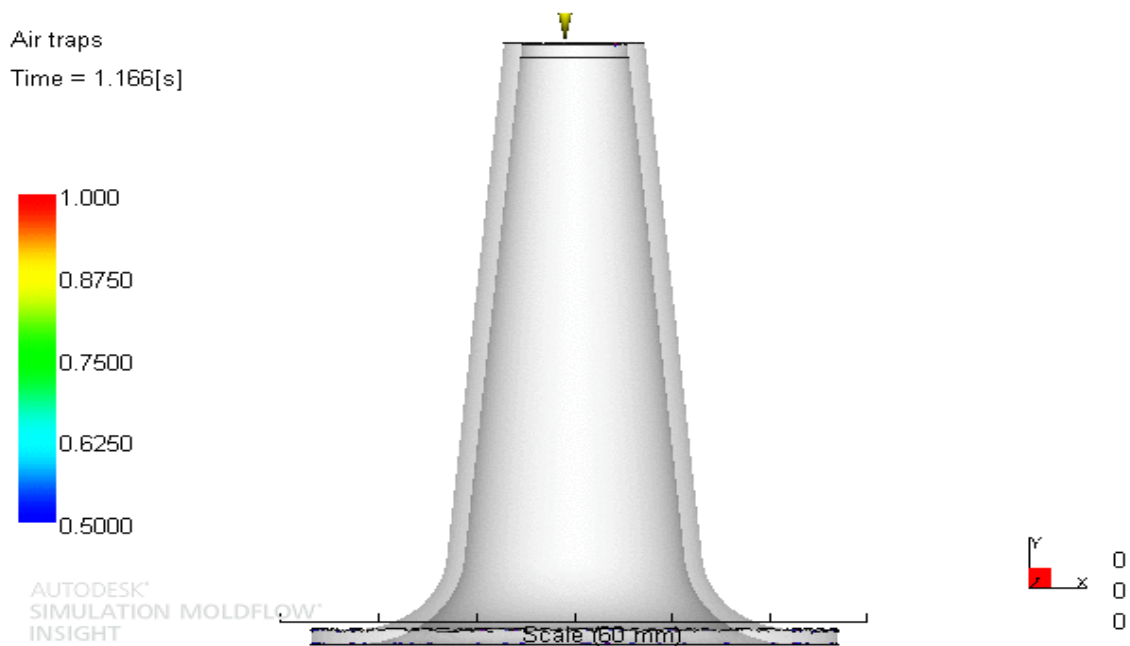
dan användes olika storleks brotschar för de olika stora hålen för att få hålen i rätt tolerans för de delar som skulle passa i dem. Brotschande gjordes manuellt med fräsmaskinen.

Fördjupningar i plattorna för olika huvud för skruvar, lokaliseringsringen o.s.v. gjordes med pinnfräsar av olika storlekar och med ett så kallat ”pocket” kommando i programmet. Här gjordes först grovbearbetning och sedan en finbearbetning så att det blev bra yta. Man var också tvungen att ta i beaktande om fördjupningen var djup att man inte tog hela djupet på en gång för att minska oönskade vibreringar och att maskinen skulle klara av det. För fördjupningen i formplattan borrades först ett stort hål i centrum så att en pinnfräs sedan kunde gå ner i mitten av hålet och sedan fräsa utåt till det slutliga måttet på hålet, detta gjordes för att pinnfräsen inte skulle slitas så mycket. I formplattan användes också en konisk fräs i fördjupningen av ena sida för att få den rätta formen så att utstötarringen skulle passa. För formrumsplattans stora hål gjorde man så att man borrade flera hål i en cirkel aningen mindre än det man ville slutligen nå. Sedan fräste man med en pinnfräs tillsammans alla dessa hål så att man fick ut klumpen aluminium som var i mitten, på detta sätt behövde man inte fräsa hela hålet så att man inte sliter så mycket på fräsbettet. Sedan kalibrerades hålet till rätt storlek med en pinnfräs.

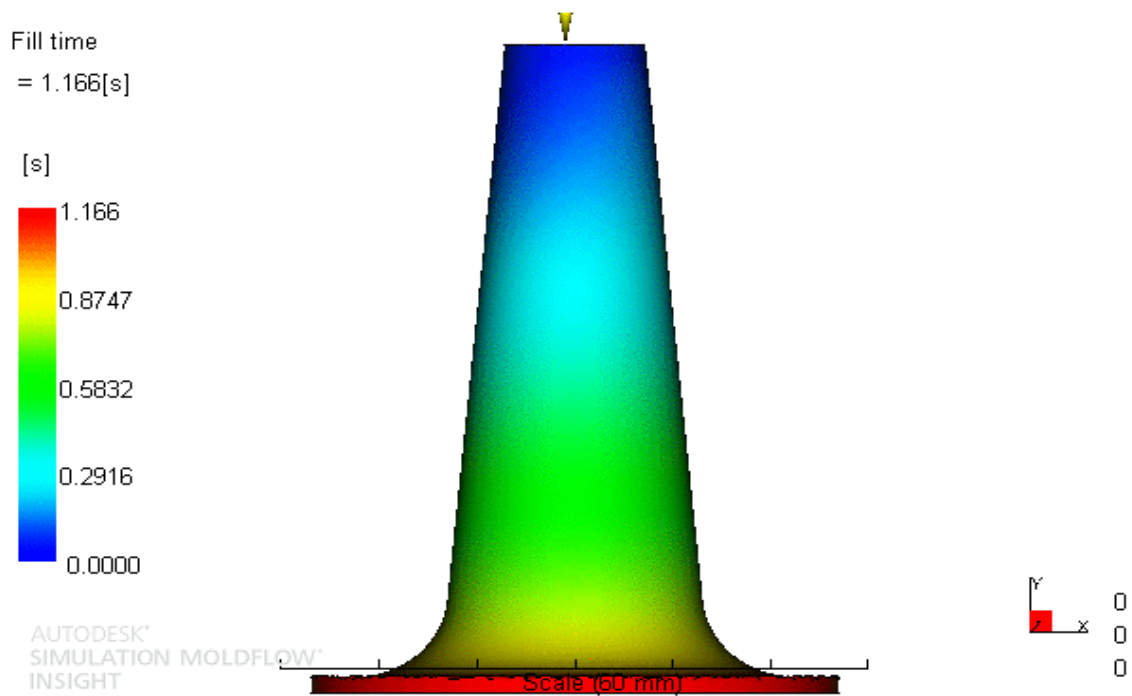
När man hade gjort körprogrammen och hade simulerat dem i programmet och de såg bra ut kunde man göra G-koder av dem och använda dem i CNC-fräsen. Men man var ännu tvungen att kontrollera i själva CNC-fräsen att programmen fungerade genom att simulera dem i maskinen och då om allt var bra kunde man köra själva programmet. På grund av att det inte fanns en CNC-svarv till förfogande i skolans utrymme var man tvungen att outsourca två av formens delar, till dessa delar gjordes sålunda inte CAM program men det skulle ha gått att tillverka i samma Master CAM program, man hade varit tvungen att byta maskin från fräs till svarv.

6.5 Flödesanalys

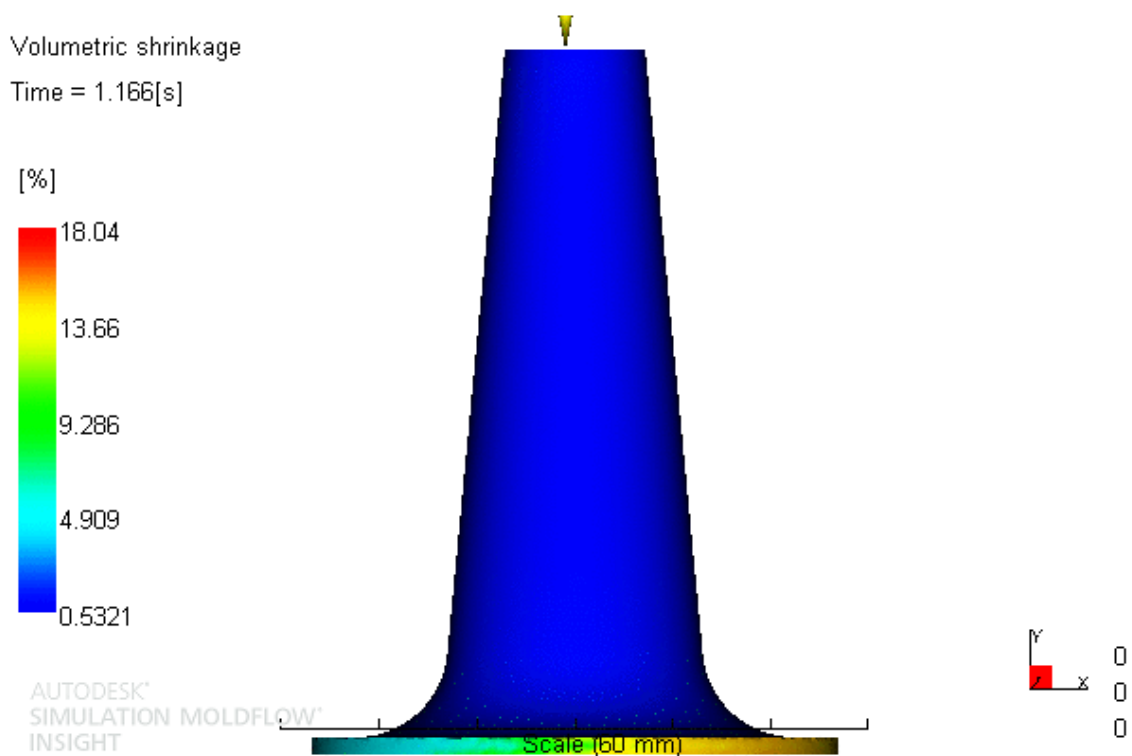
För att simulera att produkten skulle lyckas i den planerade formen gjordes en flödesanalys med hjälp av ett flödesanalys program, i detta fall användes Autodesk Simulation Moldflow Insight. Med denna analys kunde man se hur plasten kommer att flöda i formen och om det kommer att bli t.ex. några luftrum som inte kommer att fyllas av plast (kan ses i figur 26). I figur 27 kan man se den simulerade fyllnadstiden och i figur 28 kan man se den simulerade krympningen. I flödesanalysen användes PP som material.



Figur 26. Simulering på luftrum i insprutningsprocessen.



Figur 27. Simulerade fyllnadstiden.



Figur 28. Simulerad volymetrisk krympning.

7 TILLVERKNING AV FORMVERKTYGET

För att tillverka formen skaffade man fem aluminiumplattor och två cylindriska stockar för ingötet och formrummet. Dessa är sågade plattor vilket innebar att deras dimensioner inte stämmer överens med ritningarna, utan är något större. Detta betyder att plattorna måste planas och fräsas till rätta dimensioner före själva arbetet på formen kan börja.

Man började med de tre mindre plattorna och planade smalsidan på alla tre samtidigt för att få den första plana sidan så att man sedan kan få alla andra sidor planade och i rätt vinkel mot varandra. Detta planande gjordes med ett planings brett och CNC fräsmaskinens snabbkommando för planing av ytor. Man tog ett par millimeter i taget tills alla ojämnheter var borta och sen tog man en sista finbearbetning så att man fick en fin yta. Varefter aluminiumplattorna svängdes 180 grader så att den motsatta smalsidan kan planas så att den blir parallell med den första och får rätt dimension, detta gjordes på samma sätt som tidigare. Sedan när man hade två sidor parallella så kunde man fästa plattan i CNC-maskinen och plana ena sidan. Sedan planades den andra sidan av plattan på samma sätt så att plattan fick rätt tjocklek. Detta upprepades med alla andra plattor, men man ändrade tjockleken på mellanplattan på insprutningssidan så att den blev tjockare än den ursprungliga formplanen. Detta gjordes så att den ingöts bussningen som beställts inte behövde förkortas, detta sparade arbete i ett senare skede och det hade inte någon annan inverkan på formen än att den totala formhöjden förstorades med tre millimeter. Nu var fyra av sex sidor planade, i rätta vinklar till varandra och i rätta dimensioner på alla plattor. Så det återstod att plana de återstående smalsidorna och detta gjordes på samma sätt som man planade de första smalsidorna av plattorna. Nu var alla plattor planade och i rätta dimensioner. Alla plattorna hade vassa kanter och hörn så att dessa var obehagliga att hantera, av denna orsak bearbetades man dem sedan manuellt med ett koniskt fräsbrett. Efter ett par dagars arbete med fräsen var alla fem plattorna färdiga för ytterligare fräsning.

Följande steg var att börja fräsa alla nödvändiga ihåligheter i plattorna. Först frästes mellanplattan på insprutningssidan på grund av dess enkla geometrier (den har enbart hål av olika storlekar). För detta användes G-koder som överförts till fräsmaskinen och dessa hade gjorts med hjälp av Master CAM programmet på en separat dator.

Man spände fast plattan i fräsen och tog origo med en mätklocka till den punkt man planerat i Master CAM. Med detta program körde CNC-maskinen alla hål till rätta storlekar förutom de två hål som var för styrbussningarna och ingöts bussningen. Dessa gjordes aningen mindre så att de sedan kunde med hjälp av brotsch av rätt storlek bli bearbetade till rätt storlek så att toleranserna på hålen skulle bli anpassade rätt för styrbussningarna och ingöts bussningen, detta gjordes genom att köra maskinen manuellt. Med hjälp av ett gradverktyg togs alla grader från större hål och fördjupningar bort manuellt så att man inte skulle ha något som hindrade formplattorna att stå jämt mot varandra när hela formpaketet satts ihop. Och från de mindre hålen tog man bort graderna med samma koniska fräs som man hade använt för att ta bort de vassa kanterna från plattorna tidigare, detta gjordes genom att styra maskinen manuellt. Båda fastsättningsplattorna frästes enligt samma princip.

För båda formplattorna var man tvungen att fräsa från båda sidorna men igen användes CAM-program. Sedan borrades alla kylkanaler enligt ritningarna manuellt med CNC-fräsens borrrkommando och på samma gång gjorde man gängorna för kylkanalernas slangkopplingar. Därefter gjordes gängor manuellt på de ställen som behövdes varefter plattorna var färdiga för användning.

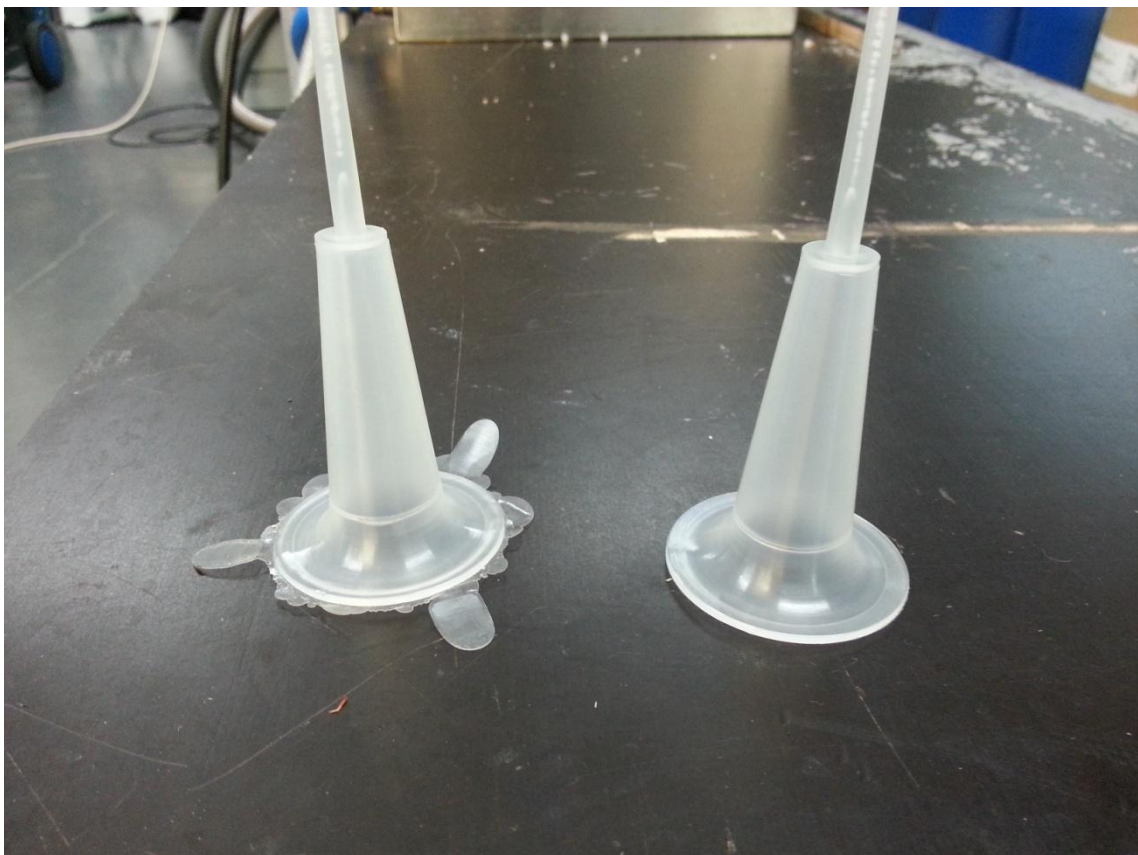
8 PROVKÖRNING

Verktyget installerades i insprutningsmaskinen för den första provkörningen. När verktyget var på sin plats kopplades vattenkylningen till verktyget så att detta kunde hållas i en konstant temperatur och försnabba kyltiden.

Sedan sattes körparametrarna till maskinen enligt materialets temperaturer som i detta fall var PP (polypropylen). Polypropylen valdes som material på grund av dess kemiska resistans, låga kostnad och för att det fanns tillgängligt i skolans lager. Man räknade ut enligt produktens volym och materialets densitet hur mycket material som skulle insprutas. Man kunde räkna ut enligt skruvdiametern på insprutningsmaskinen hur lång distans som skulle sprutas in. Härfter prövade man doseringen med skruven i det tillstånd att insprutningen inte gick ända in i formen utan stannade en bit utanför formen, detta för att man skulle kunna mäta doseringsmängdens massa och på detta sätt

kontrollera om det fanns tillräckligt med material. Detta gjordes för att det inte skulle komma för lite plast i formen och för att vara garaderad ifall utstötningen inte skulle fungera och delen sålunda fastna fast på kärnan.

Första insprutningen hade aningen för lite material men utstötningen lyckades ändå så insprutningsmängden ökades tills det kom ut en produkt som var helt fylld. Men utstötningen fungerade inte som den skulle för att delen var aningen mjuk och satt hårt fast på kärnan och utstötningens distans var inte tillräckligt lång. Dessutom hade produkten skägg (som syns i figur 29) som tydde på att formen inte slöt sig ordentligt. Det visade sig att formrums inlägg inte var helt jämn med formplattan så därför blev det ett glapp. Detta avhjälpes genom att fräsa bort 0,05mm på formrumsplattan, man rundade också av urgröpningsen på kärnan så att plastdelen lättare skulle kunna stötas av kärnan.



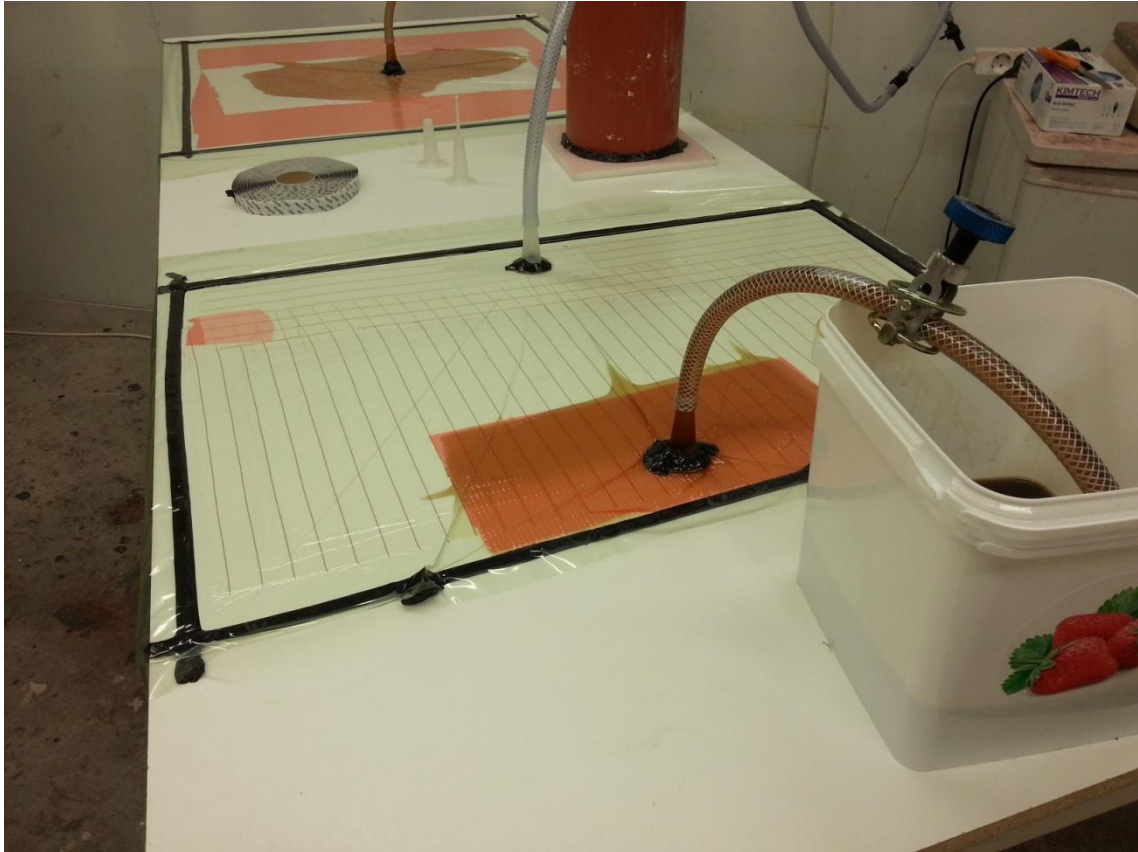
Figur 29. Vänster del har skägg, höger del är utan.

För andra provkörningen ändrades formtemperaturen från 50 °C till 40°C så att plastdelen skulle bli styvare och utstötningens sträckan ökades från 60mm till 90mm så att

delen säkert skulle stötas ut. Ändringarna som gjordes på formverktyget och på körvärdena hade lyckats, delen blev effektivt utstött och den hade inte något skägg mera (kan jämföras i figur 29). Eftertrycket på maskinen ställdes in så att materialet efter insprutningen skulle packas i formverktyget så att materialmängden skulle bli maximal. Först sattes en eftertryckstid på 1s sedan 2s och till sist 3s och delens vikt ökade i varje skede vilket tydde på mera material hade packats i formen. Man var nöjd med hur det fungerade så maskinen sattes på automat för att tillverka ca 200 stycken delar för tester. Cykeltiden för delen blev 35sekunder.

8.1 Laminerings test

För att pröva produkten gjordes två lamineringstest. Ett som var en vanlig vakuumlaminering och ett som var en vakuum infusions laminering. Båda laminaten byggdes upp av sju lager av en fin glasfiberväv, så att man lätt skulle kunna observera flödet av harts. De tillverkade delarna lades där man ville ha dem och man kapade av tratten på delen till den storlek man önskade för slangen som användes, detta gjordes med hjälp av en rörkapare. I figur 30 kan man se laminaten. I dessa test prövades den tillverkade delen både som vakuum punkt och som infusions punkt.



Figur 30. Övre laminat är vanlig vakuumlaminering, nedre är vakuum infusions laminering.

9 KOSTNADSANALYS

För att räkna ut ett pris för produkten måste en kostnadskalkyl göras. Man räknar ut alla kostnader för formens hela livslängd (formens pris, totala materialkostnader, totala operationskostnader) och delar det med antalet produkter man kan tillverka under formens livslängd så får man ett break even pris på produkten. Med hjälp av formlerna nedan kan man räkna ut break even priset för denna produkt som blir ca 99 cent.

$$\frac{\text{Livslängd av form st}}{\frac{1000g}{\text{vikt}} \text{ av stycke } g} = \text{kg av plast för livstid av formen}$$

$$\text{kg av plast för livstid av formen} \times \text{pris for plast} \frac{\text{€}}{\text{kg}} = \text{Total pris för plast}$$

$$\frac{\text{Livslängd av form st}}{\frac{3600s}{\text{cykeltid } s}} = \text{Operationstimmar för formen}$$

$$\begin{aligned} & \text{Operationstimmar för formen} \times \text{Operationskostnader} \frac{\text{€}}{h} \\ & = \text{Totala operationskostnader} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\text{Total pris för plast} + \text{Pris för form} + \text{Totala operationskostnader}}{\text{Livslängd av form st}} \\ & = \text{Break – even pris per produkt €} \end{aligned}$$

| | |
|--|------------|
| Kostnadsanalys | |
| Formens livslängd st | 10000 |
| Pris av plast €/kg | 0,9 |
| Pris av material och tillverkning av formverktyget € | 4000 |
| Operations kostnader €/h | 60 |
| Break-even pris per produkt € | 0,98783333 |

10 RESULTAT

Efter modifierande av verktyget fungerade utstötningen som den skulle och man fick en bra produkt som fyllde förväntningarna. Och man kunde köra formsprutningsmaskinen på automat med förtroende på att formen fungerade som den skulle.

I lamineringstesterna fungerade tratten som planerat. Den var lätt att använda, man kunde lätt sätta dem på sina platser och man kunde lätt fästa dem i plastfolien. Slangarna hölls lufttäta på tratten och man kan använda olika slangdiameter på tratten som gör att ifall man behöver mycket harts så kan man använda en större slang. Och på grund av trattens jämna radie så finns det inga vassa kanter på delen så det finns en minimal risk att plastfoliet skulle repas och vakuumet försvinna. I figur 31 kan man jämföra tratten med två delar som finns på marknaden som är för samma syfte men dessa delar är klumpiga att använda och fungerar enbart med en slangdiameter. Dessutom är dessa delar tunga de använder onödigt med plast som kastas bort efter varje användning. Om man jämför massan på tratten som är 5,9g med dessa delar som väger 25,8g och 21,8g så är mängden material man sparar avsevärd. Tratten klarade av vakuum trycket utan problem men där man använde tratten som vakuumpunkt direkt på laminatet så observerades en deformering i laminatet (kan ses i figur 32).



Figur 31. Vänster Diatex spiral plug, mitten Diatex infusion plug höger den tillverkade delen.



Figur 32. Deformering i mitten av laminatet där tratten har använts som vakuumpunkt.

11 KOMENTARER

Projektet lyckades bra. Produkten som planerades kunde realiseras och den fungerade som planerat. Det att laminatet deformeras vid vakuumpunkten kan åtgärdas genom att antingen ha vakuum punkten utanför laminatet eller på en del av laminatet som skall skäras av.

Cykeltiden som är rätt lång, (35s), för en produkt med dessa dimensioner kunde förkortas genom att sänka skruvtemperaturen på formsprutningsmaskinen och genom att sänka temperaturen på formverktyget så att kyltiden förkortas. Kyltiden är den faktor som har största inverkan på den totala cykeltiden.

Det svåraste med detta projekt var att skriva denna rapport allt annat var lätt i jämförelse. Men jag har lärt mig en hel del om tillverkningsprocessen av en produkt.

KÄLLOR

Custom Part Net (2009) ,*Injection molding*. Tillgänglig från:

<http://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding> (Hämtad: 18 juli 2016).

Tony Rogers, (2015), *Injection molding machine*. Tillgänglig från:

<https://www.creativemechanisms.com/blog/five-things-you-need-to-know-about-injection-molding> (Hämtad 7 juli 2016).

Custom Part Net (2007), *Mold- Closed*. Tillgänglig från:

http://www.custompartnet.com/wu/images/im/injectionMolding_mold_all.png (Hämtad: 7 juli 2016)

Custom Part Net (2007), *Mold- Exploded view*. Tillgänglig från:

http://www.custompartnet.com/wu/images/im/injectionMolding_mold_exploded.png (Hämtad: 7 juli 2016)

alexpb (2007). Resin infusion molding-diagram. Tillgänglig från:

http://alexpb.com/notes/wp-content/uploads/2007/12/resin_infusion_molding-diagram.jpg. (Hämtad 25 juli 2016)

intechopen. Tillgänglig från:

<http://www.intechopen.com/source/html/16394/media/image2.jpg> (Hämtad 25 juli 2016)

Strängsprutning. Tillgänglig från:

<http://plastportalen.se/strangsprutning-extrudering-2/> (Hämtad 8 december 2016)

Formblåsning. Tillgänglig från:

<http://plastportalen.se/formblasning/> (Hämtad 8 december 2016)

Rotationsgjutning. Tillgänglig från:

<http://plastportalen.se/rotationsgjutning/> (Hämtad 8 december 2016)

Varmformning. Tillgänglig från:

<http://plastportalen.se/varmformning/> (Hämtad 8 december 2016)

What is 3D printing? Tillgänglig från:

<http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/> (Hämtad 8 december 2016)

The Main Components of dry type fish feed extruder. Tillgänglig från:

[http://www.feed-pellet-](http://www.feed-pellet-machi-)

[machi-](http://www.feed-pellet-machi-)

[ne.com/uploads/150519/The_Main_Components_of_dry_type_fish_feed_extruder.png](http://www.feed-pellet-machi-.com/uploads/150519/The_Main_Components_of_dry_type_fish_feed_extruder.png)

(Hämtad 15 december 2016)

Blow molding. Tillgänglig från:

<http://www.custompartnet.com/wu/images/blow-molding/blow-molding.png> (Hämtad 15 december 2016)

rotoworldmag. Tillgänglig från:

<http://rotoworldmag.com/wp-content/uploads/2012/08/figs-lang/fig1.jpg> (Hämtad 15 december 2016)

Thermoforming Principle. Tillgänglig från:

<http://www.euroextrusions.com/wp-content/uploads/2015/09/Thermoform-diagram-1024x473.jpg> (Hämtad 15 december 2016)

Modor plastics. *Thermoset Vs. Thermoplastics*. Tillgänglig från:

<http://www.modorplastics.com/thermoset-vs-thermoplastics> (Hämtad 15 december 2016)

Muoviteollisuus Ry, *Muovisanasto*, Tillgänglig från:

<http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=16&tag=99> (Hämtad 15 december 2016)

Lego building block bricks, Tillgänglig från:

<http://media.istockphoto.com/photos/lego-building-block-bricks-picture-id458588467?k=6&m=458588467&s=170667a&w=0&h=NAElXB5LSShny5oePkI8SYN9vF2HxS2eYNdRokFCtUA=> (Hämtad 20 december 2016)

Bragross, Tillgänglig från:

<http://www.bragross.se/media/catalog/product/cache/1/image/1000x/040ec09b1e35df139433887a97daa66f/2/3/2316091.jpg> (Hämtad 20 december 2016)

myplasticmold, Tillgänglig från:

<http://www.myplasticmold.com/wp-content/uploads/2012/07/content.jpg> (Hämtad 20 december 2016)

Poijut, Tillgänglig från:

<http://plastweld.fi/wp-content/uploads/2015/09/poijut2.jpg> (Hämtad 20 december 2016)

thermoforming-product-samples, Tillgänglig från:

<http://2.imimg.com/data2/BT/XE/MY-708789/thermoforming-product-samples-500x500.jpg> (Hämtad 20 december 2016)

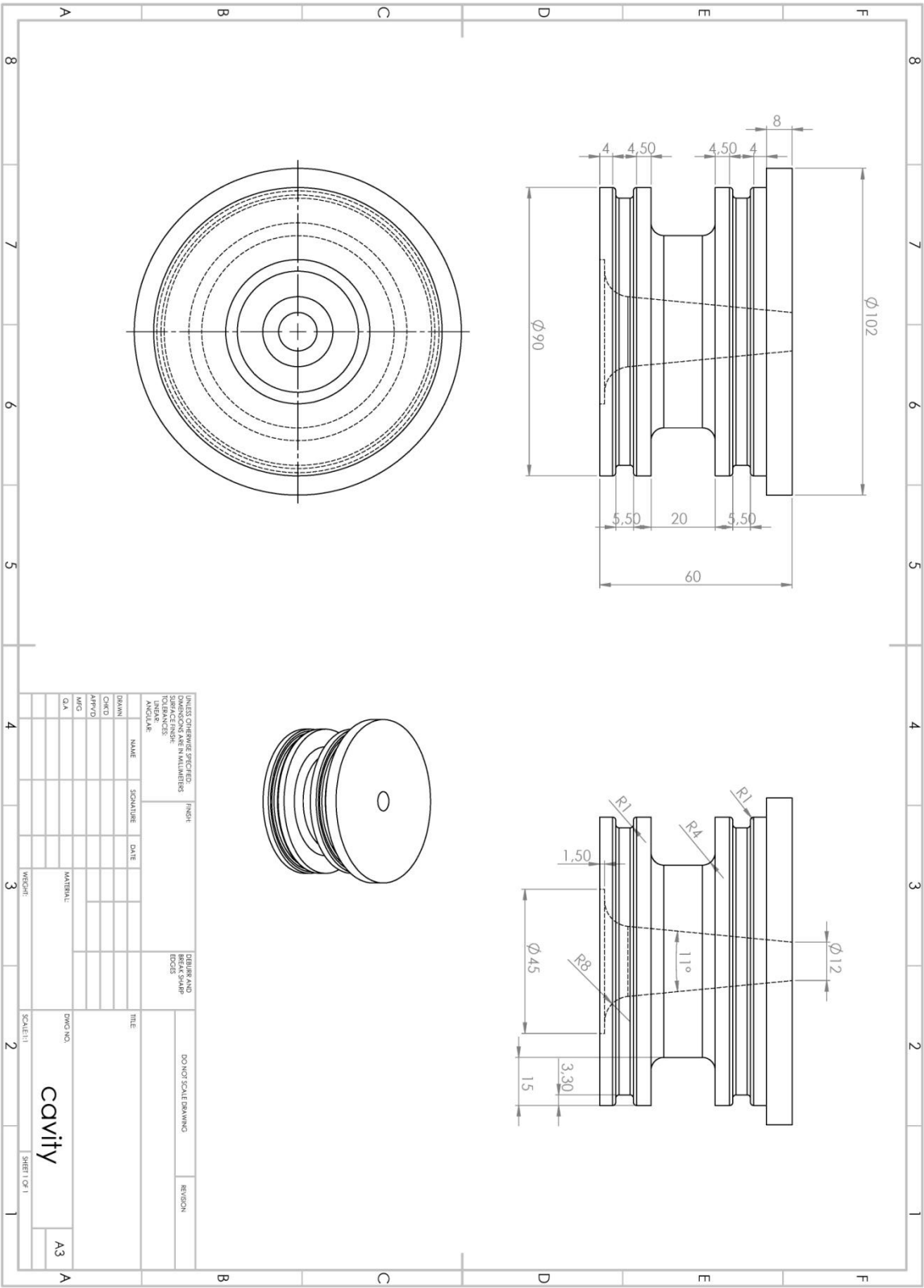
SUPER3DM_Designed-Products, Tillgänglig från:

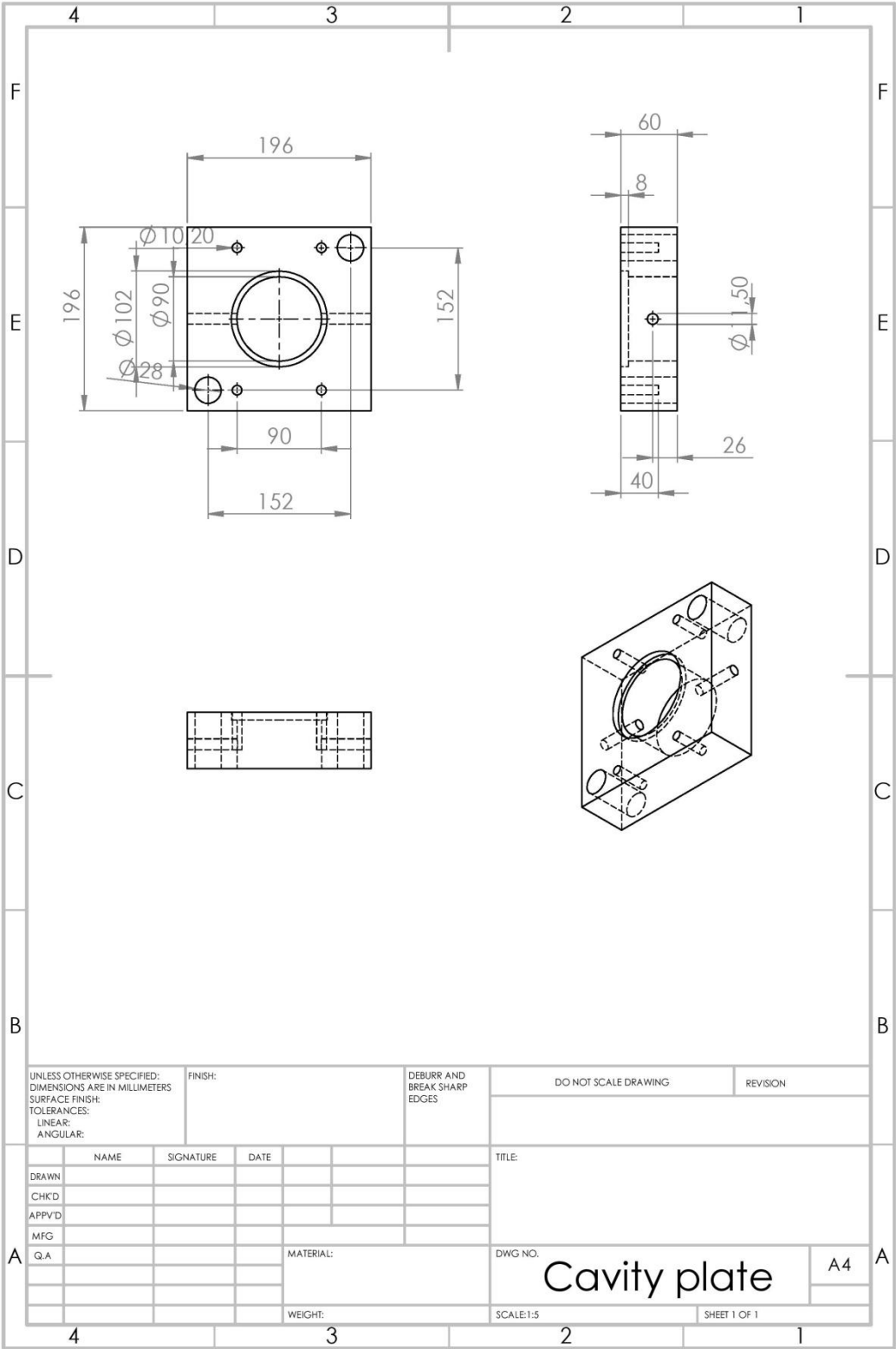
https://3dprintingindustry.com/wp-content/uploads/2014/11/SUPER3DM_Designed-Products.jpg (Hämtad 20 december 2016)

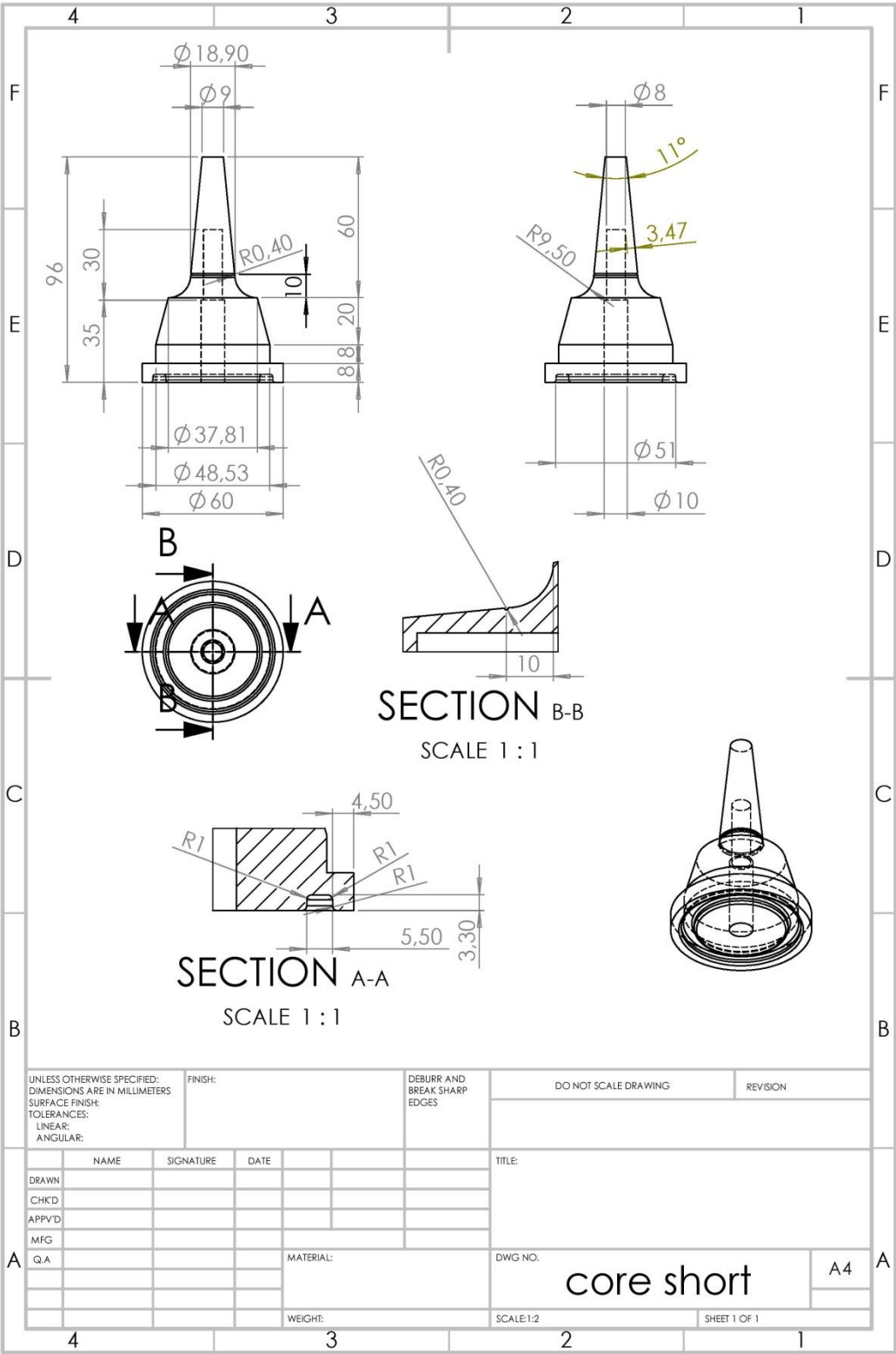
BILAGOR

Hela formpaketet

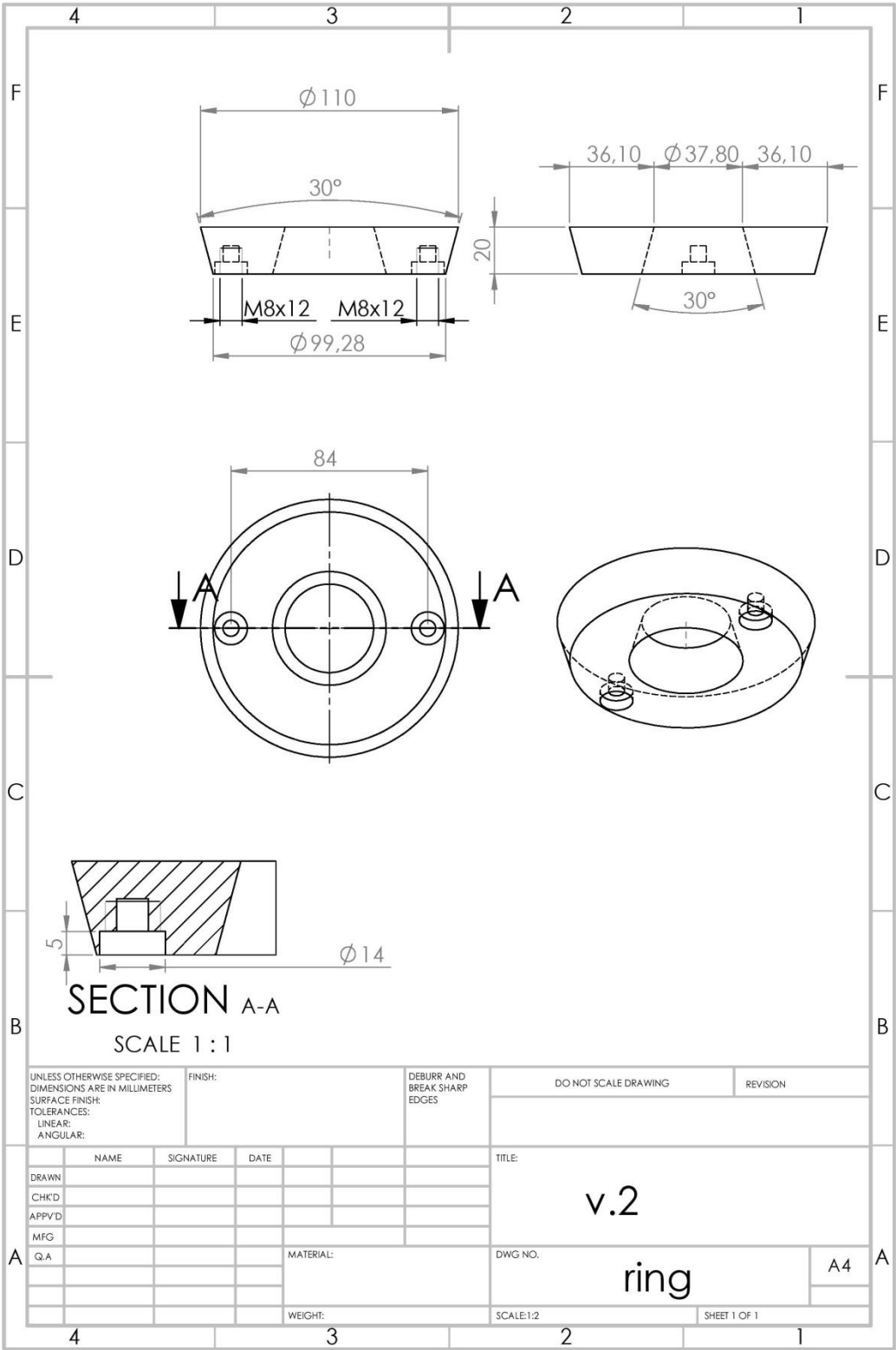
Bilaga 1/11

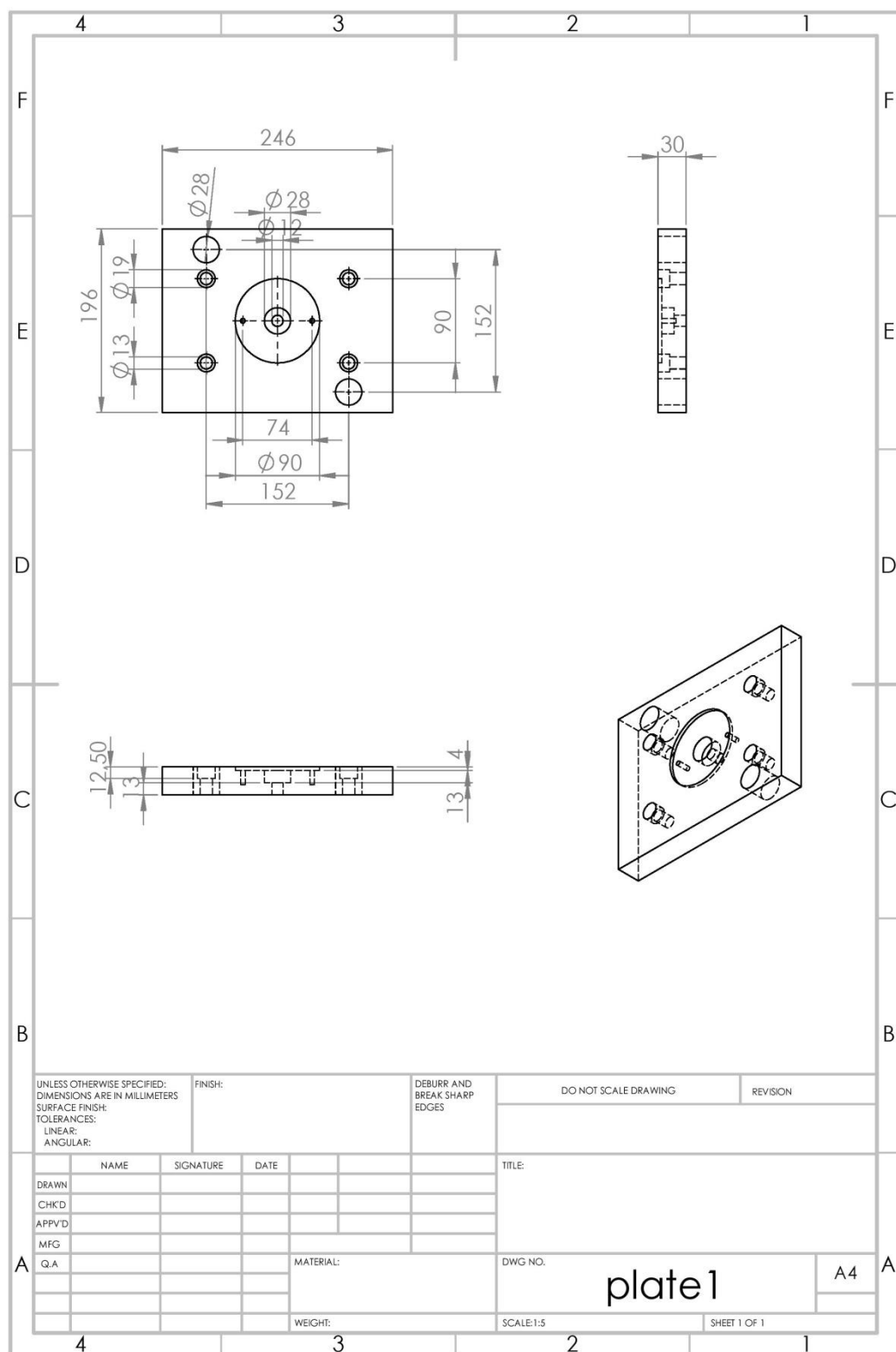


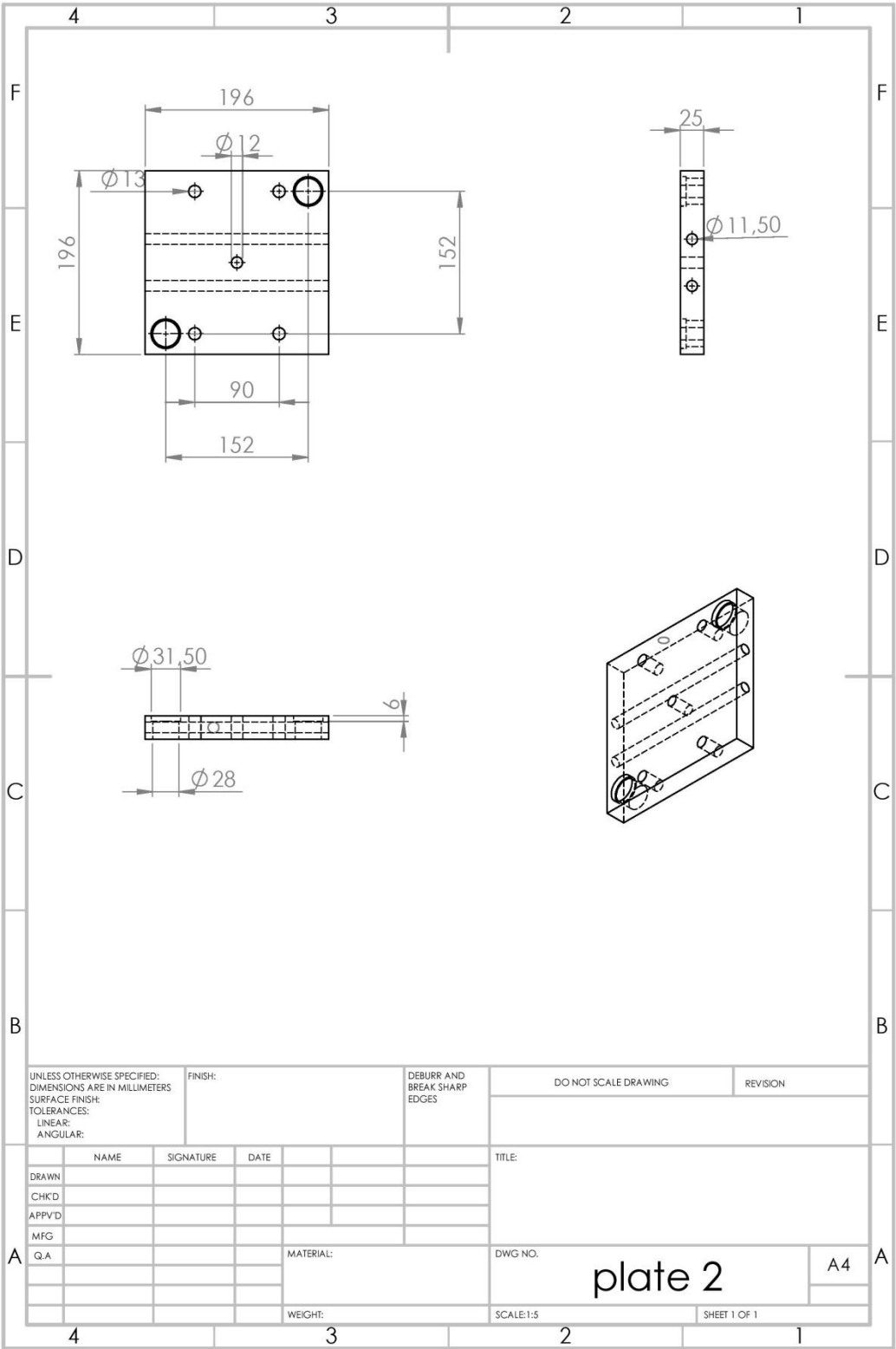


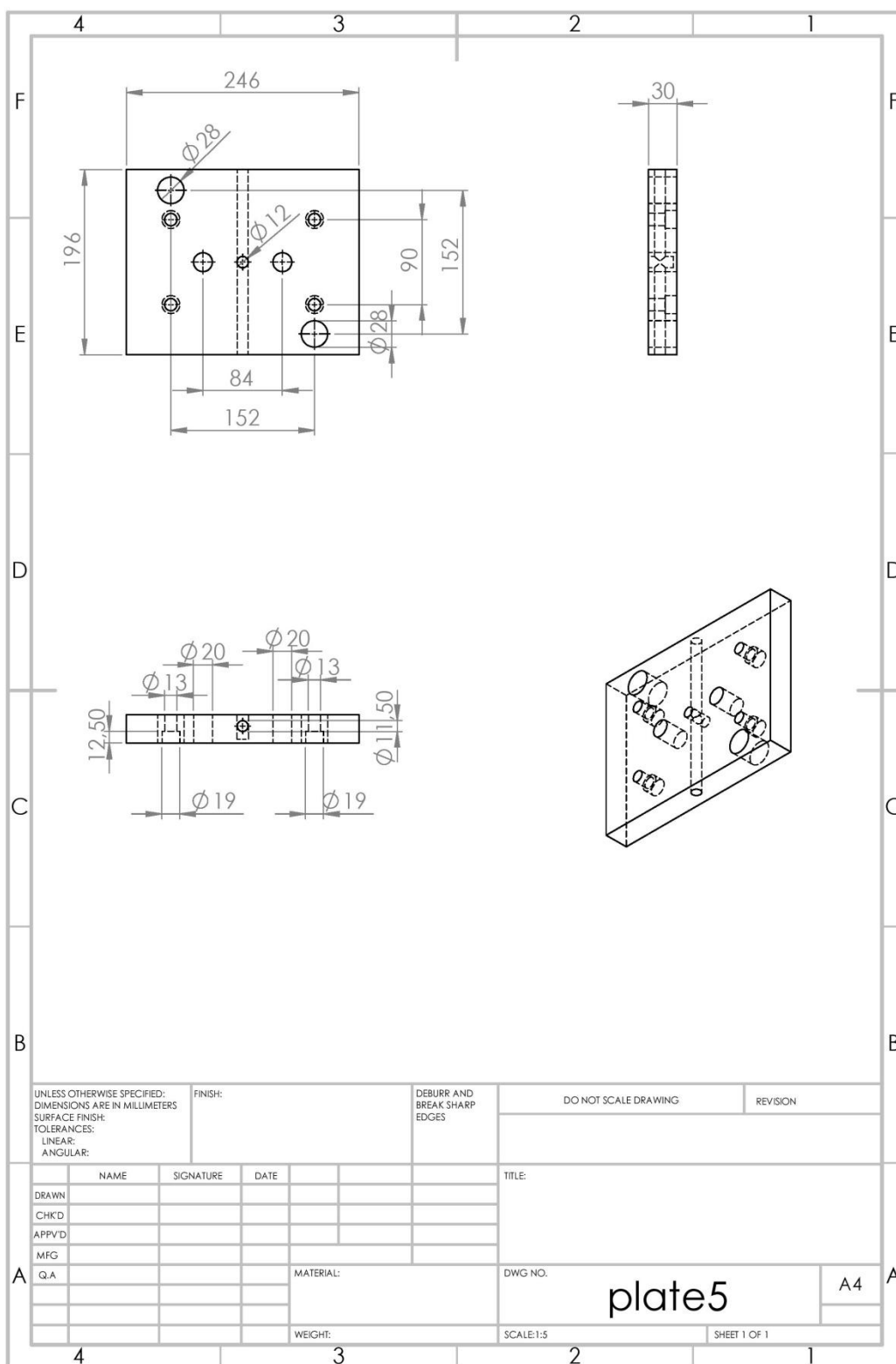


52









Massan på stycken under provkörningen

Bilaga 10/11

| Provkörning 1 | |
|---------------|------|
| Stycke nr | Vikt |
| 1 | 5,0g |
| 2 | 5,5g |
| 3 | 5,6g |
| 5 | 5,7g |
| 31 | 5,7g |
| 38 | 5,7g |

| Provkörning 2 | |
|-----------------|------|
| Eftertryck, tid | Vikt |
| 1s | 5,7g |
| | 5,7g |
| 2s | 5,7g |
| | 5,8g |
| | 5,7g |
| 3s | 5,9g |
| | 5,9g |
| | 5,9g |

Körparametrar

Bilaga 11/11

| | | | |
|-------------|------------------------|----------------|-----|
| Assumptions | dosage weight: 5,5 g | injection time | 1 s |
| | part thickness: 1,5 mm | | |

Injection trial with the injection molding (Engel)

| | | | |
|---------------------|-----------------|----------------------|---------------|
| Trial: | Number: | Name (group): | |
| Equipment: | | Date: | 23.8.2016 |
| Material: PP | Polymer: | Type: | Batch: |
| | Color: | | |

| Trial: | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|-------------|----|---------------------|-------|---|---|---|---|
| Temperaturer, °C: | | | | | | | | |
| 1) Nozzle: | °C | | | 245 | | | | |
| 2) Cylinder: | °C | | | 235 | | | | |
| 3) Cylinder: | °C | | | 225 | | | | |
| 4) Cylinder: | °C | | | 190 | | | | |
| 6) Hopper: | °C | | | 70 | | | | |
| Max pos. Deviation from temp. | | °C | | 20,0 | | | | |
| Max neg. Deviation from temp. | | °C | | 20,0 | | | | |
| Stand by temperature | | °C | | 150,0 | | | | |
| Manual degradation till stand by | | | | | | | | |
| Oil temp | setting | °C | | 45,0 | | | | |
| | measured | °C | | 33 | | | | |
| | lower limit | °C | | 25,0 | | | | |
| | upper limit | °C | | 55,0 | | | | |
| Set up parameters | | kp | 500-500-500-400-100 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--------------|--|----|--|----|--|--|--|--|
| Heating unit | | °C | | | | | | |
| Mold temp | | °C | | 40 | | | | |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|----|---------|-------|-----|-----|--|--|
| Mold fastening | | | | | | | | |
| 1. closing speed | A-W3 | % | V1 = | 30,0 | | | | |
| 2. closing speed | W3-W1 | % | V2 = | 20,0 | | | | |
| 3.closure speed | W1-G2 | % | V3 = | 10,0 | | | | |
| closure force | | kN | SOLL = | 400 | 300 | 350 | | |
| | | | mätv. = | | | | | |
| protection pressure | | % | P2a = | 18,0 | | | | |
| | | | P2e = | 10,0 | | | | |
| Opening stroke | | mm | A = | 200,0 | | | | |
| Skakning | | mm | T = | 100,0 | | | | |
| 2.speed | Start V2 | mm | W3 = | 124,3 | | | | |
| 3.speed | Start V3 | mm | W1 = | 40,0 | | | | |
| Mold protection stroke, start | | mm | G1 = | 15,0 | | | | |
| Mold protection stroke, end | | mm | G2 = | 0,2 | | | | |
| Mold position act. val. | | mm | SFx = | 200,5 | | | | |
| proc. pressure, time | | s | meas. = | 0,5 | | | | |
| | | | ZF = | 2,0 | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------------|----------|----|-------|-------|--|--|--|--|
| Mold opening | | | | | | | | |
| 1. opening speed | G2-W4 | % | V6 = | 5,0 | | | | |
| 2. opening speed | W4-W2 | % | V7 = | 30,0 | | | | |
| 3. opening speed | W2-A | % | V8 = | 40,0 | | | | |
| start 2. speed | Start V7 | mm | W4 = | 14,0 | | | | |
| start 3.speed | Start V8 | mm | W2 = | 124,3 | | | | |
| Air blow, start | | | A2 = | 124,3 | | | | |
| Mod opening , start | | mm | A1 = | 124,3 | | | | |
| Opening stroke | | mm | A = | 200,0 | | | | |
| Mold pos. Act. Val. | | mm | SFx = | 200,5 | | | | |
| Cooling time, act | | s | Z4 = | 25 | | | | |
| Blowing time | | s | ZL = | 0,0 | | | | |
| Transition time | | s | Z5 = | 1,0 | | | | |
| Cycle observ. time | | s | ZU | 0,0 | | | | |
| Cycle time | | s | Zux | 50,2 | | | | |
| Cushion monitoring | | | | | | | | |

| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------|--|------|-------|-----|---|---|---|---|
| Injection | | | | | | | | |
| Max injection speed | | mm/s | | 130 | | | | |
| injection speed, meas. | | mm/s | | | | | | |
| inject. Speed. Set up | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Injection speed | | bar | P6 = | 70 | | | | |
| Omkopplingstryck | | bar | PF = | 0 | | | | |
| | | bar | PFu = | 1 | | | | |
| | | bar | PFs = | 2 | | | | |
| | | bar | PFx = | 1 | | | | |
| Hydr. Pressure | | bar | PH = | 0 | | | | |

| | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----|-------|------|--|--|--|--|
| | | bar | Phu = | 26 | | | | |
| | | bar | PHs = | | | | | |
| Actual | | bar | PHx = | 2 | | | | |
| Yttre omkoppling | | | | | | | | |
| Omkopplingspunkt | | mm | C3 = | 2 | | | | |
| Omkopplingspunkt, mätv. | | mm | C3u = | 1,9 | | | | |
| Injection time | | s | Z1 = | 0,7 | | | | |
| intrusion time | | s | Z1N = | 0,0 | | | | |
| | min | s | ZS= | 0,0 | | | | |
| | max | s | ZSI = | 3,0 | | | | |
| measured | measured | s | ZSx = | 0,38 | | | | |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|-----|-------|------|---|---|--|--|
| Holding pressure | | | | | | | | |
| holding pressure | P7-P16 | | | 50 | | | | |
| (bar) | | | | | | | | |
| time | | s | Z2 = | 0 | 1 | 2 | | |
| Cushion | | mm | CP = | 3,0 | | | | |
| | | mm | min = | 0,0 | | | | |
| | | mm | max = | 8,0 | | | | |
| | | | CPx = | 0,4 | | | | |
| Plasticizing stroke | | mm | C1 = | 12 | | | | |
| Stroke end | | mm | C1* = | 18,9 | | | | |
| screw position | | mm | SSx = | 0,5 | | | | |
| Hydr. Pressure act. Val. | | bar | PHx = | 2 | | | | |
| Holding pressure peak | | bar | PNs = | 30 | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------------------|----------|-----|-------|------|--|--|--|--|
| Dosage | | | | | | | | |
| Screw retraction speed | | % | V24 = | 60 | | | | |
| Intrusion speed | | % | V23 = | 15 | | | | |
| Dosage speed, % | | | | 49 | | | | |
| Screw rotating speed | | rpm | DZx = | 0 | | | | |
| Back pressure, max | | bar | PSs = | 14 | | | | |
| Back pressure, | | bar | PSx = | 2 | | | | |
| Back pressure , set up | | | | | | | | |
| Plasticizing delay time | | s | Z3 = | 0,0 | | | | |
| Plasticizing time | max | s | ZD | 20 | | | | |
| | measured | s | ZDx = | 30,5 | | | | |
| Decomp. Stroke bef. Plast | | mm | C4 = | 0,0 | | | | |
| Plasticizing stroke | | mm | C1 = | 12 | | | | |
| Doseringen slut | | mm | C1* = | 18,9 | | | | |
| Decomp. Stroke aft. Plast | | mm | C2 = | 4,0 | | | | |
| Decompression end | | mm | C2* = | 22,9 | | | | |
| Screw position act. Val. | | mm | SSx = | 0,5 | | | | |

| | | | | | | | | |
|-------------------------|--|---|-------|----|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Injection speed | | | | | | | | |
| 1. Nozzle forward speed | | % | V9 = | 20 | | | | |
| 2. Nozzle forward speed | | % | V10 = | 10 | | | | |
| Nozzle speed backward | | % | V11 = | 10 | | | | |
| Nozzle forward | | % | P35 = | 5 | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------------------|--|----|-------|-------|--|--|--|--|
| Nozzle contact pressure | | % | P5 = | 100 | | | | |
| Cont. Pres. Build up time | | s | Z5a = | 1,00 | | | | |
| Nozzle return delay time | | s | Z6 = | 22,0 | | | | |
| Start 2. nozzle speed pos | | mm | J1 = | 10,0 | | | | |
| Nozzle front pos | | | J = | | | | | |
| Nozzle stroke | | mm | K = | 50 | | | | |
| Nozzle pos. Act. Val | | mm | SDx = | 142,2 | | | | |

| | | | | | | | | |
|------------------------|---------|--------|-------|-------|------|----|--|--|
| Ejection | | | | | | | | |
| Ejector, start advance | | mm | A1 = | 124,3 | | | | |
| 1. ejector speed | forward | % | V25 = | 30 | | | | |
| 2. ejector speed | forward | % | V35 = | 5 | | | | |
| Ejector speed | return | % | V26 = | 30 | | | | |
| pressure | forward | % | P25 = | 30 | | | | |
| pressure | return | % | P26 = | 10 | | | | |
| Forward delay | fördröj | s | ZAV = | 0,5 | | | | |
| Return delay | framme | s | ZA = | 0,3 | | | | |
| Ejection | return | mm | L = | 43,0 | 41,5 | 41 | | |
| 2. Ejection speed | start | mm | L3 = | 60,0 | | | | |
| | | mm | L2 = | 60,0 | | | | |
| Ejection distance | | mm | L1 = | 90,0 | | | | |
| Ejection measured | | mm | SAx = | 39,8 | | | | |
| Shaking counter | | cycles | AZ = | 1,0 | | | | |